



Escola de Camins
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports
UPC BARCELONATECH

Monitoratge i avaluació de l'impacte de la construcció de cobertes verdes a Barcelona

Treball realitzat per:

Maria Ferràndiz Rigau

Dirigit per:

Josep Mercade Aloy

Montserrat Bosch González

Màster en:

Enginyeria Ambiental

Barcelona, 30 setembre 2019

Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental

TREBALL FINAL DE MÀSTER

RESUM

Treball de Final del Màster Enginyeria Ambiental, de l'alumne Maria Ferràndiz Rigau, de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports de Barcelona.

A través de la monitorització, es recull informació i s'avaluen les 10 cobertes guanyadores del concurs "Qui té una coberta té un tresor" impulsat per l'Ajuntament de Barcelona el 2017. Durant 11 mesos d'estudi (de juliol de 2018 a juny de 2019), es pretenen determinar els beneficis que aquestes construccions sostenibles aporten a la ciutat de Barcelona.

Per a cada aspecte a avaluar estableix un protocol el qual determina, la col·locació dels aparells, els objectius individuals d'aquest, el procediment de mostreig i la tipologia de resultats a obtenir. Els aspectes finalment avaluats són tèrmics i sonors.

Les dades d'amplitud tèrmica i transmitància disminueixen un cop les cobertes verdes són construïdes. Les imatges tèrmiques realitzades també mostren un refredament de les zones amb cobertura vegetal. Les dades sonores puntuals mostren una disminució del soroll de fons en totes les cobertes estudiades. Altres factors s'han començat i es continuaran a avaluar en els mesos vinents.

En una situació climàtica límit, l'aplicació de paràmetres sostenibles sobre tots els aspectes quotidians és primordial i les cobertes verdes poden ser una solució efectiva per aplicar la sostenibilitat a l'edificació.

ABSTRACT

Final Project of the Master's Degree in Environmental Engineering, by the student Maria Ferràndiz Rigau, from the Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports of Barcelona.

Through the monitoring, information is collected and the 10 winning roofs of the contest "Who has a roof, has a treasure" promoted by the Barcelona's Council in 2017. During 11 months of study (from July 2018 to June 2019), it is intended to determine the benefits that these sustainable constructions bring to the city of Barcelona.

For each aspect to evaluate, it establishes a protocol that determines the placement of the devices, the individual objectives of this, the sampling procedure and the type of results to be obtained. The finally evaluated aspects are thermal and sonorous.

The data of thermal amplitude and transmittance decrease once the green roofs are constructed. The thermal imaging performed also shows a cooling of the areas with vegetal cover. The punctual sound data collected shows a decrease in the background noise in all the roofs studied. Other factors have begun and will continue to be evaluated in the coming months.

In a climatic limit condition, the application of sustainable parameters on all aspects of everyday life is fundamental and green roofs can be an effective solution to apply sustainability to the construction.

Keywords: green roofs, sustainable architecture,

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	8
2. CONTEXT.....	9
2.1. HISTÒRIC	9
2.2. ANTECEDENTS.....	12
2.3. PROJECTE.....	16
2.3.1. ELS 10 PROJECTES	18
3. OBJECTIU.....	24
4. METODOLOGIA.....	25
4.1. SEGUIMENT.....	25
4.1.1. VISITES I TASQUES REALITZADES	25
4.2. PROTOCOLS CONFORT TÈRMIC.....	30
4.2.1. PROTOCOL 1. CONTROL DE LA TEMPERATURA I HUMITAT AMBIENTAL.....	30
4.2.2. PROTOCOL 2. DETERMINACIÓ DE LA TRANSMITÀNCIA.	34
4.2.3. PROTOCOL 3. FOTOGRAFIES TÈRMiques.....	37
4.3. PROTOCOLS CONFORT ACÚSTIC	39
4.3.1. PROTOCOL 4. DETERMINACIÓ DE LA CONTAMINACIÓ ACÚSTICA PUNTUAL	39
4.3.2. PROTOCOL 5. DETERMINACIÓ DE LA CONTAMINACIÓ ACÚSTICA EN CONTINU	42
4.4. GESTIÓ DE L'AIGUA	46
4.5. ALTRES FACTORS.....	47
4.5.1. SOCIALS	47
4.5.2. BIODIVERSITAT.....	56

<u>5.</u>	<u>RESULTATS.....</u>	<u>57</u>
5.1.	CONFORT TÈRMIC.....	57
5.1.1.	TEMPERATURA I HUMITAT.....	57
5.1.2.	TRANSMITÀNCIA	60
5.1.3.	IMATGES TÈRMiques.....	61
5.2.	CONFORT ACÚSTIC.....	63
5.2.1.	PUNTUAL	63
5.2.2.	EN CONTINU.....	66
<u>6.</u>	<u>DISCUSSIÓ.....</u>	<u>69</u>
<u>7.</u>	<u>CONCLUSIONS.....</u>	<u>71</u>
<u>8.</u>	<u>BIBLIOGRAFIA.....</u>	<u>72</u>
<u>9.</u>	<u>AGRAÏMENTS.....</u>	<u>78</u>
<u>10.</u>	<u>ANNEX: I FITXES COBERTES.....</u>	<u>79</u>
<u>11.</u>	<u>ANNEX II: TAULA D'INDICADORS</u>	<u>79</u>
<u>12.</u>	<u>ANNEX III: ENQUESTES</u>	<u>79</u>
<u>13.</u>	<u>ANNEX IV: TAULES COMPLETES</u>	<u>79</u>

GLOSSARI

Coberta verda: és un sistema constructiu que té un acabat vegetal sobre gruix de terra o substrat i és concebut especialment per obtenir beneficis ambientals. En aquest sistema, la cobertura de vegetació pot ser total o parcial, i no fa referència a terrats amb testos de plantes, sinó a tecnologies de construcció per millorar l'hàbitat o estalviar consum d'energia, és a dir, tecnologies que compleixen una funció ecològica (Contreras, E., Castillo, I., (2015).

Confort tèrmic: és la manifestació subjectiva de la conformitat o satisfacció amb l'ambient tèrmic existent. Es pot dir que existeix confort tèrmic o sensació tèrmica neutre, quan les persones no experimenten sensació ni de fred ni calor, és a dir quan les condicions de temperatura, humitat i moviment de l'aire són favorables per l'activitat que es desenvolupa. Un valor mínim de confort a l'hivern de 20°C i a l'estiu un valor màxim de 25°C (CARM) (SgARQ, 2017).

Confort acústic: nivell de soroll que es troba per sota dels nivells legals que potencialment causen danys a la salut i que a més ha de ser acceptat com a confortables per a les persones afectades (CARM).

Datalogger: Un Datalogger és un dispositiu digital per al registre i emmagatzematge de dades. Aquestes dades poden ser únicament informàtiques o bé registres de variables meteorològiques o ambientals. El mateix Datalogger també pot actuar com sensor o enregistrator de dades o bé pot ser simplement un dispositiu d'emmagatzematge de dades que han enregistrat altres sensors (Raig, 2018).

Higròmetre: Un higròmetre és un dispositiu que s'utilitza per a la mesura de la humitat a l'aire. Es tracta d'un instrument que, a l'àmbit de la meteorologia, s'utilitza per conèixer quin nivell d'humitat es registra a l'atmosfera (Pérez, 2018).

Fluxòmetre: Es refereix a l'aparell utilitzat per mesurar la transmitància tèrmica. (E. Fernandez, 2019)

Sonòmetre: és un equip que permet quantificar objectivament el nivell de pressió sonora. En essència es compon d'un sensor primari (micròfon), circuits de conversió, manipulació i transmissió de variables (mòdul de processament electrònic) i d'un element de presentació o unitat de lectura. (LF Sexto, 2017)

Escorrentia: L'escorrentia de l'aigua és un corrent d'aigua de pluja que circula sobre la superfície de la terra quan aquesta depassa un dipòsit natural o superficial. És un corrent d'aigua que sorgeix de les precipitacions, que circula i s'estén sobre el sòl una vegada que aquest ha superat la capacitat d'evaporació i de filtració del mateix (Significados, 2018).

Aquaponia: considerada com la fissió de l'aqüicultura i la hidroponia (D Ramirez, 2017).

Hidroponia: una modalitat en el maneig de les pletes, que permet el seu cultiu sense sòl. A través d'aquesta tècnica es produeixen plantes principalment de tipus herbaci, aprofitant zones o àrees no convencionals, sense perdre de vista les necessitats de les plantes, com la llum, la temperatura de l'aigua i nutrients. En el sistema hidropònic els elements minerals essencials són aportats per la solució nutritiva. El rendiment d'aquests cultius hidropònics pot duplicar o més els dels cultius convencionals (Beltrano J., 2015).

1. INTRODUCCIÓ

El 67% de les cobertes de Barcelona, són planes i generalment amb un accés fàcil), el que les fa susceptibles a convertir-se en cobertes verdes (Ajuntament de Barcelona, 2017. Amb aquesta transformació dels terrats de la ciutat, no només es donaria valor a àries que estan en desús sinó que es provocaria un seguit de beneficis tant socials com individuals.

Les cobertes verdes aporten millores en el comportament tèrmic i acústic, milloren la gestió de les aigües pluvials, ajuden a millorar la qualitat de l'aire i a mantenir una certa biodiversitat dins les ciutats. A més a més, es converteixen en elements paisatgístics de qualitat que creen nous espais de convivència, interacció i socialització dins l'entorn urbà.

L'Ajuntament de Barcelona, coneixedor dels beneficis d'aquestes construccions ha desenvolupat el concurs "Qui té una coberta té un tresor" proporcionant l'oportunitat d'estudiar els avantatges reals de la construcció de 10 cobertes verdes. Aquestes s'han convertit durant 11 mesos en un "lívín-lab" en el qual s'han avaluat els diferents paràmetres dels suposats beneficis que aquestes aporten.

En monitoratge de les cobertes s'ha seguit una metodologia i s'han elaborat uns protocols de mostreig reproduïbles. Els protocols contenen informació sobre els criteris de selecció de les àrees de mesura, el procediment de mostreig i la manera d'exposar els resultats. Gràcies a aquests ha estat possible el traspàs de la informació entre els diferents estudiants que han realitzat els experiments i per tant, s'ha mantingut i es podrà mantenir la continuïtat en la col·laboració establerta entre la UPC i l'Ajuntament de Barcelona.

Inicialment el projecte volia recollir tots els àmbits afectats però finalment els paràmetres estudiats fins el present són: el confort tèrmic, a través de la mesura de temperatures i humitats, transmitàncies i fotografies tèrmiques i el confort acústic, a través de mesures puntuals i contínues del so. Tot i això, s'ha començat a determinar com s'avaluaran els factors socials, l'estudi de la biodiversitat i la gestió de l'aigua.

El seguiment de la construcció d'aquest projectes sostenibles pretén aportar dades quantitatives sobre els beneficis reals que aquestes aporten a la Ciutat de Barcelona i a les edificacions a les quals estan implantades, alhora que s'apren sobre la gestió d'aquest projectes reals.

2. CONTEXT

A continuació i abans de començar a aprofundir en el projecte, en concret, s'ha realitzat una contextualització de la temàtica a estudiar.

2.1. HISTÒRIC

La utilització d'elements vegetals a les cobertes de les edificacions no és una tècnica que hagi sorgit en les últimes dècades, sinó, que ja era utilitzada en algunes construccions tant a l'antiga Mesopotàmia com a l'antiga Roma, és a dir, ja fa més de 2500 anys (S. Dalley, 2013). La construcció verda més coneguda d'aquells temps és **El Jardí Penjant de Babilònia** (Figura 1), considerada una de les set meravelles del món antic. Es creu que estava format per un gran nombre de terrasses les quals estaven repletes de plantes, flors i fins i tot grans arbres, totes ells regades amb les aigües provinents del riu Èufrates, a través de canalitzacions.



Figura 1. Recreació dels Jardins penjants de Babilònia. Font: NationalGeographic, (https://www.nationalgeographic.com/es/historia/asi-serian-jardines-colgantes-babilonia-actualidad_14213/1)

En els darrers segles també trobem aquestes construccions singulars a Islàndia, Canadà, Estats Units, a la península escandinava i a Tanzània on s'utilitzaven per regular la temperatura dels habitatges. En els primers casos, zones fredes, les cobertes verdes s'utilitzaven per emmagatzemar calor en el seu interior i en l'última, zona càlida, s'utilitzaven per mantenir els espais aïllats de les altes temperatures externes (G.Minke, 2005). Els exemples més coneguts són: les **cases detorba d'Islàndia**, construccions fetes de "maons" d'argila descansats sobre branques i en els quals creixia un gran gruix de gespa. Aquestes eren especialment utilitzades en aquesta

regió per combatre les baixes temperatures. Les **construccions Escandinaves amb sostre verds**(Figura 2) també són un bon exemple, en aquestes, la zona verda es col·locava sobre escorça de bedoll i se segellava amb quitrà per evitar el traspàs de les arrels cap a l'interior.



Figura 2. Casa amb sostre verd noruega. Font: Back to Nature. Disponible a: <http://back-to-nature.gr/en/the-grass-roofs-of-norway/>

Acostant-nos una mica més al present, l'any 1928, Le Corbusier conegut arquitecte i urbanista va dissenyar una coberta verda a la Villa Savoye. La seva idea era poder aprofitar la part superior de les edificacions que fins aquell moment tenien una utilitat inexistente (M. J. Chichorro, 2012). Molts el van seguir en el seu corrent arquitectònic, incorporant espais verds en les seves edificacions i alguns van anar més enllà, desenvolupant l'arquitectura orgànica, basada en la naturalesa i la seva integració a l'interior de les edificacions.

Totes aquests corrents moderns ha anat evolucionant al llarg dels anys adaptant-se a les necessitats de cada moment. A l'actualitat, el nostre comportament ha conduït al planeta a una situació medi ambiental límit. Les emissions de CO² generades pel transport i la indústria, el desenfrenat consum de béns naturals i la desmesurada producció de residus ha començat a col·lapsar els sistemes terrestres induint al planeta a un escalfament global accelerat. Davant d'aquesta situació, s'han començat a desenvolupar tecnologies cada vegada més eficients i a reclamar a les noves construccions el compliment de noves exigències ambientals. Per tant, les noves inversions estan cada cop més enfocades a l'arquitectura sostenible (D. Pearson, 2001).

L'arquitectura sostenible pretén introduir criteris mediambientals al procés de disseny disminuint els impactes que les seves construccions generen al medi. Dins de les construccions sostenibles no només trobem les cobertes verdes sinó que s'han desenvolupat un gran nombre d'alternatives constructives més eficients i amigables amb el medi natural (L. A. Domingez, 2004), com per exemple, els murs verds o els carrers verds.

Dins del "món" de les cobertes sostenibles trobem tres tipologies diferents: les cobertes blanques, les cobertes blaves i les cobertes verdes. Les primeres, més utilitzades en zones càlides, proporcionen, gràcies a unes pintures blanques, una major reflexió dels rajos solars, que pot arribar a provocar la reflexió de fins al 75% dels rajos incidents (C. Augusto, 2019) i per tant, eviten l'escalfament de la part superior dels edificis. La principal problemàtica d'aquest és que per mantenir la seva efectivitat necessiten una neteja permanent (Graffin S., 2005). Les segones són impermeabilitzades i preparades per a retenir una quantitat determinada d'aigua. Aquesta aigua no només millora la reflexió de la coberta sinó que proporciona una "capa" fluida d'aïllament evitant, depenent l'època de l'any, les possibles pèrdues de calor i de fred.

Finalment, les cobertes verdes, el nostre tema d'estudi, que com ja s'ha comentat anteriorment estan formades per espais verds horitzontals. Aquestes es poden classificar de diferents maneres: Segons la tipologia de vegetació tenim les cobertes verdes intensives, les semiintensives i les extensives (la distinció més comuna) (G. Minke, 2005); Segons la seva funcionalitat tenim les cobertes transitables o les no transitables; i segons la seva utilitat tenim les cobertes productives o les d'oci.

Les cobertes intensives tenen una vegetació que consisteix bàsicament en plantes amb unes necessitats hídriques, de substrat i de matèria orgànica elevades. Aquestes, per tant, solen tenir substrats més gruixuts (un mínim de 25 cm) amb una elevada quantitat de nutrients i un manteniment major, el que comporta costos més elevats.

Les cobertes extensives en canvi tenen vegetacions que no necessiten manteniment ni substrat (entre 3 cm i 15 cm), com per exemple les suculentas o les molses (Figura 3). Al tenir poc substrat el pes de la coberta és molt menor i per tant l'estructura és molt més barata (G. Perez, 2018).

Entremig de les dues tipologies trobem les cobertes semiintensives que aporten més possibilitats de disseny i són menys cares que les intensives.



Figura 3. Coberta verda extensiva realitzada per l'empresa Eix Verd. Font: elaboració pròpia

Cada una d'aquestes cobertes verdes amb les seves peculiaritats aporta beneficis lleugerament diferents a les edificacions que les ubiquen però s'ha demostrat que totes elles generen beneficis no només funcionals i econòmics sinó també socials i psicològics (Kristin L. Getter, 2006)

2.2. ANTECEDENTS

És sabut que les cobertes verdes tenen un gran nombre de beneficis els més coneguts són la disminució de les superfícies pavimentades, la millora de l'aïllament, la disminució de l'escalfament de les cobertes, la gestió de l'aigua de la pluja comportant un alleujament del sistema de clavegueram (Liu, K. K. Y, 2005), l'augmenten de la producció d'oxigen i absorció de CO₂, la filtració de les partícules de pols i brutícia de l'aire, l'atenuació de so, la generació de bones olors i la producció de beneficis psicològics positius a les persones.

Tots aquests beneficis els podem distribuir segons dues escales: beneficis a escala urbana i beneficis a escala d'edifici.

A escala urbana, a l'actualitat, només una tercera part de les grans ciutats està ocupada per parc, jardins i zones verdes, la resta són edificacions o zones pavimentades. Per altra banda, aproximadament el 70% de la població Europea viu en ciutats i es preveu que aquest percentatge augmenti en els anys vinents (European commission. Expert group on nature-

basedsolutionsan Re-naturingcities, 2015). Per tant, les ciutats hauran de transformar-se per poder augmentar la seva població sense disminuir els beneficis que aquesta aporta a la seva ciutadania.

Les cobertes verdes generen un espai verd en altura que incrementa l'espai verd per càpita sense la necessitat de generar grans modificacions i sense disminuir la capacitat de la ciutat per acollir nous habitants. A Nova York l'11% dels edificis tenen cobertes planes, que amb una obra relativament petita podrien convertir-se en cobertes verdes.(Rosenzweig, 2003).

El fet d'incrementar l'espai verd en substitució de zones pavimentades no només aporta beneficis a nivell ciutadàsinó que genera un seguit de beneficis a la gestió de la ciutat. El principal és la disminució de l'escorrentia superficial, al substituir l'asfalt per substrat i plantes el que fem és augmentar la rugositat i permeabilitat del terra, permetent que en episodis de pluja l'aigua penetri en comptes de desplaçar-se horitzontalment.

Aquest fet produeix un alleujament del sistema de clavegueram per dos motius principals la retenció i la detenció de l'aigua. Les cobertes verdes retenen entre el 40 i el 80% del volum anual d'aigua de pluja gràcies al substrat i a la capa drenant de la coberta (Palla, 2010). El substrat com que no té una humitat del 100% té capacitat mantenir dins els seus porus una quantitat determinada d'aigua i la capa drenant n'emmagatzema una petita part. Per tant, una quantitat determinada d'aigua no arriba mai al clavegueram. L'aigua que es queda al substrat i finalment és evapotranspirada. A més a més, una coberta verda té la capacitat de detenir durant un temps determinar l'aigua a la coberta, el que genera que el clavegueram no rep aigua fins al cap d'una estona que ha començat a ploure (Figura 4). Aquests dos fenòmens, processos de gestió de l'aigua de pluja, són realment importants en moments de pluges fortes on el clavegueram, en especial el de la ciutat de Barcelona, sol col·lapsar-se. Amés a més, les cobertes verdes també milloren la qualitat de les aigües, el substrat actua de filtre eliminant part de les possibles partícules o matèria orgànica.

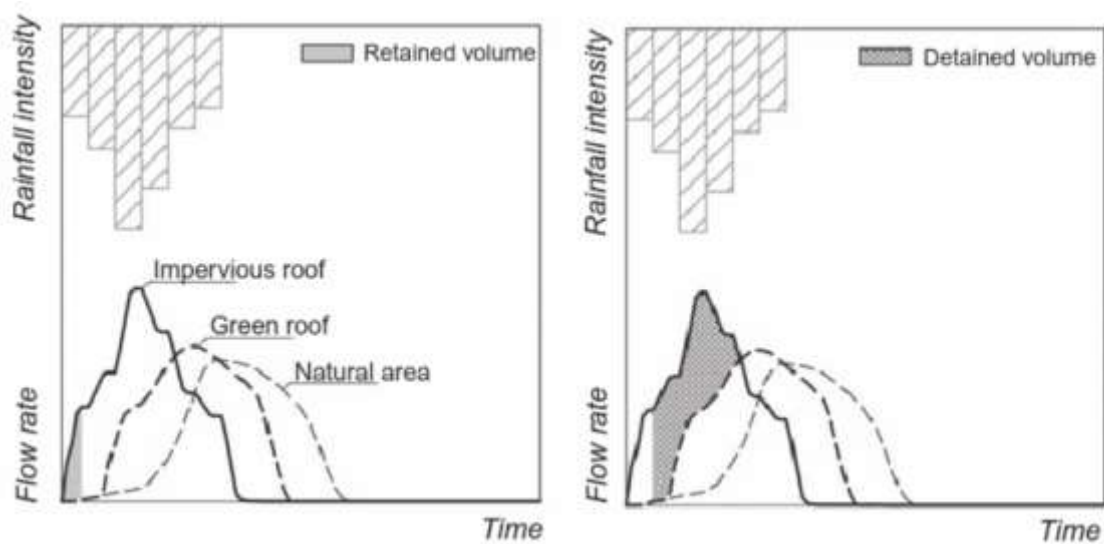


Figura 4. Resposta hidrològica dels sostres verds respecte a un paviment impermeable i una zona natural, en la primera es mostra el volum retengut i en la segona el volum detingut per la coberta. Font: NatureBasedStrategies for Urbanand Building Sustainability.

Les superfícies pavimentades, els edificis i el transit produeixen que les ciutats tinguin una temperatura major que les zones peri-urbanes o de camp, aquest fenomen s'anomena efecte de l'illa de calor. Les cobertes verdes també ajuden a combatre'l, les plantes que hi habiten no només augmenten la reflexió dels rajos incidents i generen ombra, evitant l'esclafament de la coberta sinó que també gràcies a la transpiració que aquestes produeixen es creen ambients més confortables. A Nova York es va veure que existia una diferència de 2 graus de temperatura entre les zones amb més i menys vegetació de la ciutat, sent aquestes últimes les més fredes. (T. Susca, 2011)

A part de la transpiració vegetal, la respiració d'aquestes plantes també produeix beneficis a la ciutat. La producció d'oxigen i la captació de CO₂ que realitzen aquestes per créixer ajuda a millorar la qualitat de l'aire (H. Agra, 2017)un dels grans problemes urbans i mundials de l'actualitat. A l'augmentar la vegetació de les ciutats, es contraresta una petita part de totes les emissions de CO₂ que s'emeten a causa del transport i la indústria (Figura 5), disminuint la petjada de carboni de la ciutat.

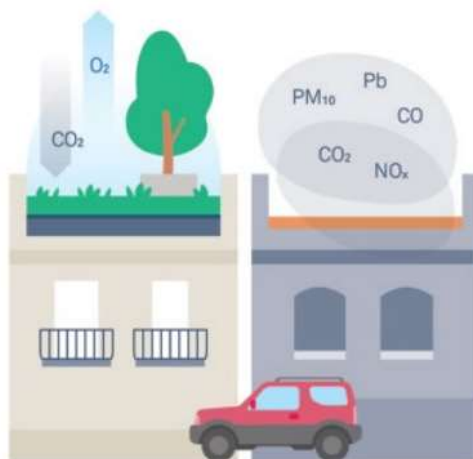


Figura 5. Il·lustració dels beneficis de les cobertes verdes. Concretament relacionat amb la pol·lució. Font: Ajuntament de Barcelona, Guia de terrats vius i cobertes verdes.

L'estat del substrat també pren molta importància quan parlem dels beneficis que aporten una coberta verda, per exemple, depenent de la quantitat d'humitat que aquest tingui es generaran beneficis completament diferents (K. Vijayaraghavan, 2016). Si mantenim el substrat poc humit el que fem és que aquest pugui gestionar una quantitat major d'aigua quan es necessita. En canvi a menys humitat l'aïllament que proporciona la coberta és menor. El gruix de substrat que tingui la coberta determinarà el grau d'impacte d'aquest, és a dir, a més centímetres de substrat més gestió de l'aigua i més confort tèrmic proporcionarà.

A escala de l'edifici o individual, trobem que alguns dels beneficis del nivell urbà es repeteixen en certa manera. Hem parlat de com les cobertes verdes generaven una disminució de l'efecte illa de calor, en el cas de l'edifici es similar però amb un enfocament diferent. Les cobertes verdes a l'augmentar el confort tèrmic, disminueixen l'escalfament del sostre i de l'edifici evitant possibles necessitats de refrigeració a l'estiu. A més a més, el substrat i les capes de la coberta proporcionen un aïllament extra a la coberta anteriorment existent. Disminueixen els fluxos de temperatura entre l'interior i l'exterior, arribant a reduir els guanys de calor (a l'estiu) en un 95% i reduint les pèrdues de calor (l'hivern) en un 23% (Liu, K. K. Y., 2005). Aquest fet millora l'eficiència energètica de l'edifici i repercutint sobre el consum i les factures dels seus habitants.

La coberta verda no només ens aïlla tèrmicament, ajudant-nos a regular la temperatura de l'edifici sinó que també proporciona un aïllament acústic. A les ciutats trobem un gran nombre de fonts acústiques que afegides a les superfícies rígides i més reflectors del so dels edificis crea un ambient poc saludable per a les persones. Les plantes de la coberta, sobretot els

arbustos frondosos, fan de barrera acústica disminuint la intensitat amb la que arriba el so del carrer, creant espais acústicament més confortables(E. Öhrstöm, 2006).

A més a més, les cobertes verdes proporcionen una protecció extra a la teulada, contràriament al que es creu, les capes de la coberta verda estan espacialment fetes per protegir la coberta dels possibles danys ambientals, arribant a allargar la seva vida útil.

D'altra banda, els beneficis de les cobertes verdes van més enllà dels factors ambientals i econòmics. Aquestes també aporten a aquelles persones que les contemplen i les gaudeixen beneficis psicològics i socials. Les plantes i els espais naturals redueixen l'estrès i la pressió arterial i augmenten la satisfacció dels usuaris (United States General Services Administration, 2011). També augmenten les interaccions socials i incentiven els comportaments saludables.

Finalment un benefici que trobem tant a **escala urbana** com a **escala individual** és la possibilitat de producció que generen aquestes cobertes verdes. Una opció dins les cobertes intensives són els horts que poden acabar proveint de menjar a part dels veïns de l'edifici en qüestió. D'aquesta manera es generen beneficis econòmics estalviant en consum d'aliments, alhora que es millora la qualitat de l'aire per dos vies, un evitant el transport d'aquestes mercaderies i dues amb el creixement de les plantes, que com ja em mencionat anteriorment, aporten oxigen i capten el CO₂.

No tot el que rodeja les cobertes verdes són beneficis sinó que també trobem alguns inconvenients, bàsicament econòmics però també d'implantació i manteniment. Les cobertes convencionals tenen uns costos molt inferiors a les verdes tant en la implantació com en el manteniment. Les plantes que conformen la coberta verda tenen unes necessitats d'aigua, fertilització, poda, etc., que en les cobertes convencionals no es produeix. Aquestes necessitats varien segons la tipologia de coberta sent les intensives les que requereixen més dedicació i tenen uns costos més elevats. A més a més, no totes les cobertes poden ser verdes, per a poder implantar-ne una l'edifici ha de ser capaç sostenir el pes de la nova construcció. En cas contrari es pot realitzar un reforç estructural però suposa econòmic molt elevat.

2.3. PROJECTE

Impulsat pel Pla del Verd i la Biodiversitat de Barcelona 2020 i el Programa d'Impuls a la Infraestructura Verda Urbana, l'any 2017, l'Ajuntament de Barcelona, va desenvolupar el concurs

“Qui té una coberta té un tresor” aquest tenia com a objectiu principal incentivar la construcció de cobertes verdes a la ciutat de Barcelona.

L'Ajuntament proposava subvencionar el 75% de 10 cobertes. Inicialment al concurs es van presentar 45 projectes tècnics que ja comptaven amb unes condicions de partida específiques. Totes les propostes havien de ser fetes per propietaris d'edificis residencials amb comunitats de propietaris i propietats verticals i en edificis on la realització d'una coberta verda tingués un fort impacte paisatgístic.

Les 45 van rebre un primer ajut per poder costejar el valor dels primers estudis. Finalment es van escollir, en diferents districtes de Barcelona (Figura 6), aquelles que tenien majors valors socials per estar ubicades en equipaments docents, sanitaris o d'altres usos d'interès. (Ajuntament de Barcelona, 2017).



Figura 6. Localització de les 10 cobertes verdes guanyadores del concurs “Qui té una coberta té un tresor”.

Font: Elaboració pròpia.

A més a més, dins de les clàusules del concurs l'Ajuntament de Barcelona, imposava als projectes guanyadors facilitar l'accés a la coberta a l'equip escollit per l'Ajuntament, per poder realitzar seguiment i monitoratge del seu funcionament. L'objectiu principal d'aquest seguiment era aconseguir dades reals dels possibles beneficis de les cobertes verdes dins la ciutat de Barcelona i així poder seguir promocionant més endavant aquest tipus de construccions.

Sota el paraigua de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), el grup de recerca GICITED i amb la col·laboració del Laboratori de Materials de l'EPSEB es va crear el grup de recerca **Cobertes Lab**, que posteriorment va ser escollit per realitzar l'estudi de les 10 cobertes seleccionades.

2.3.1. Els 10 projectes

Els 10 projectes seleccionats van ser els següents, anomenats per la seva direcció:

- **Llauder, 1**, anomenada en endavant **C1**. Aquesta coberta ubicada el districte de Ciutat Vella comptarà amb 227 m² de superfície verda. A més, és l'única de les 10 cobertes propera al mar i està ubicada en un edifici amb història, els Porxos d'en Xifré. Es tracta d'un projecte global en el qual participaran també els 10 edificis més propers conformant finalment una coberta verda conjunta. La coberta combina parts extensives i parts intensives (Figura 7).



Figura 7. Fotografia del projecte de la coberta C1. Font: Ajuntament de Barcelona. 10 propostes guanyadores, 2017.

- **Consell de Cent, 323**, anomenada en endavant **C2**. Aquesta coberta ubicada al districte de l'Eixample comptarà amb 215 m² de superfície verda. La coberta serà utilitzada tant pels veïns de l'escala com pels 400 alumnes de l'escola ubicada a l'edifici. És l'única que implantarà horts amb dos sistemes de conreu diferent, el convencional i l'hidropònic. La coberta combina parts extensives i parts intensives (Figura 8).



Figura 8. Fotografia del projecte de la coberta C2. Font: Ajuntament de Barcelona. 10 propostes guanyadores, 2017.

- **Arago , 147**, anomenada en endavant **C3**. Aquesta coberta ubicada també al districte de l'Eixample comptarà amb 420 m² de superfície verda. És una coberta especialment cèntrica però no està situada al capdamunt de l'edifici sinó que és la part superior de l'aparcament que hi ha al centre de l'illa. La coberta serà completament extensiva. (Figura 9).



Figura 9. Fotografia del projecte de la coberta C3. Font: Ajuntament de Barcelona. 10 propostes guanyadores, 2017.

- **Longitudinal 6, 82**, anomenada en endavant **C4**. Aquesta coberta ubicada al districte de Sants - Montjuïc comptarà amb 532 m² de superfície verda. La situació és peculiar és a Mercabarna, sobre d'una llarga cambra frigorífica, en una zona especialment predominada pel color gris. A part ,de les gavines, els 250 treballadors de l'empresa podran gaudir de la nova zona verda. La coberta serà completament extensiva (Figura 10).

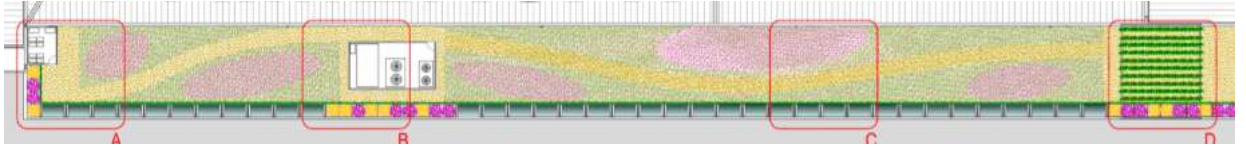


Figura 10. Fotografia del projecte de la coberta C4. Font: Ajuntament de Barcelona. 10 propostes guanyadores, 2017.

- **Mandoni, 11**, anomenada en endavant **C5**. Aquesta coberta també ubicada al districte de Sants - Montjuïc comptarà amb 106 m² de superfície verda. S'efectuarà sobre les dues cobertes de la residència geriàtrica Gran Via Parc, les quals gaudiran les 170 persones que hi viuen. Un grup de recerca de Sant Joan de Déu realitzarà una recerca relacionada amb la capacitat terapèutica dels horts. La coberta és completament intensiva (Figura 11).



Figura 11. Fotografia del projecte de la coberta C5. Font: Ajuntament de Barcelona. 10 propostes guanyadores, 2017

- **Sant Joan Bosco, 42**, anomenada en endavant **C6**. Aquesta coberta ubicada al districte de Sarrià –Sant Gervasi compta amb 191 m² de superfície verda. La coberta està ubicada en mig del pati de l'escola Salesianes de Sarrià, en una plataforma elevada. La coberta serà completament extensiva (Figura 12).



Figura 12. Fotografia del projecte de la coberta C6. Font: Ajuntament de Barcelona. 10 propostes guanyadores, 2017.

- **Balcells, 41**, anomenada en endavant **C7**. Aquesta coberta ubicada al districte de Gràcia compta amb 83 m² de superfície verda. La C7 té una gran comunicació amb espais verds circumdants, cosa que afavoreix la proliferació de fauna, sobretot ocells. Es volen combinar dues tècniques de conreu, la tradicional i l'acuaponia. La coberta combinarà parts extensives i parts intensives. (Figura 13).

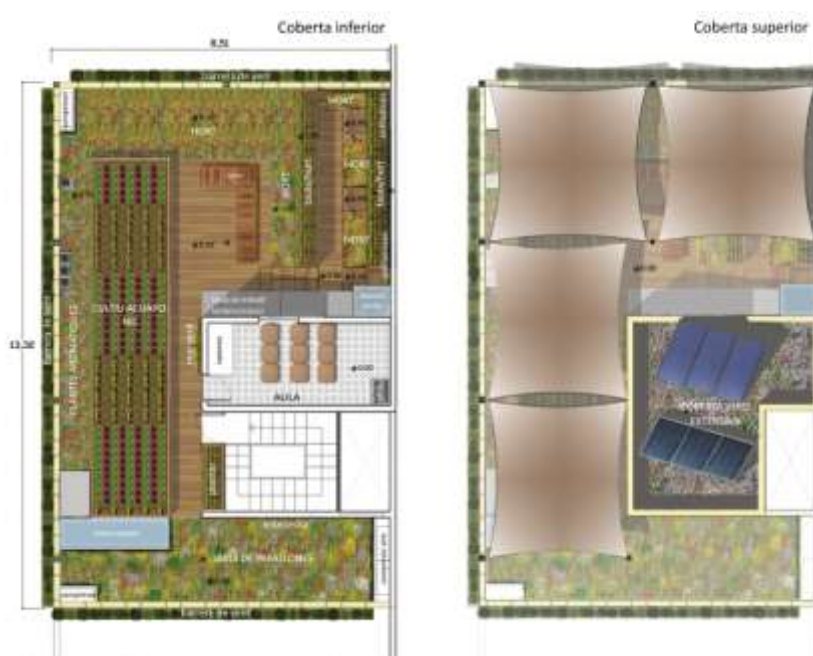


Figura 13. Fotografia del projecte de la coberta C7 Font: Ajuntament de Barcelona. 10 propostes guanyadores, 2017

- **Sant Quintí, 75-89**, anomenada en endavant **C8**. Aquesta coberta ubicada al districte d'Horta - Guinardó comptarà amb 745 m² de superfície verda. La coberta dividida en dos s'ubica dins del nou Hospital de Santa Creu i Sant Pau. Una d'elles està a nivell d'accés i a l'altre podran accedir els 330 treballadors de l'Institut de Recerca del mateix hospital. La coberta combinarà parts extensives i parts semiintensives (Figura 14).



Figura 14. Fotografia del projecte de la coberta C8. Font: Ajuntament de Barcelona. 10 propostes guanyadores, 2017

- **FràJuníper Serra, 75**, anomenada en endavant **C9**. Aquesta coberta ubicada al districte de San Andreu comptarà amb 403 m² de superfície verda. Situada en una zona industrial i ocupada per una empresa molt conscienciada un nou aire a la zona. La coberta serà completament extensiva (Figura 15).



Figura 15. Fotografia del projecte de la coberta C9. Font: Ajuntament de Barcelona. 10 propostes guanyadores, 2017.

- **Fernando Pessoa, 54**, anomenada en endavant **C10**. Aquesta coberta també ubicada al districte de Sant Andreu comptarà amb 1085 m2 de superfície verda. La idea és convertir les cobertes d'un edifici industrial en un espai natural de formació. L'empresa que l'ocupa treballar amb persones amb discapacitats que podran gaudir de la coberta. La coberta combinarà parts extensives i parts intensives. (Figura 16).

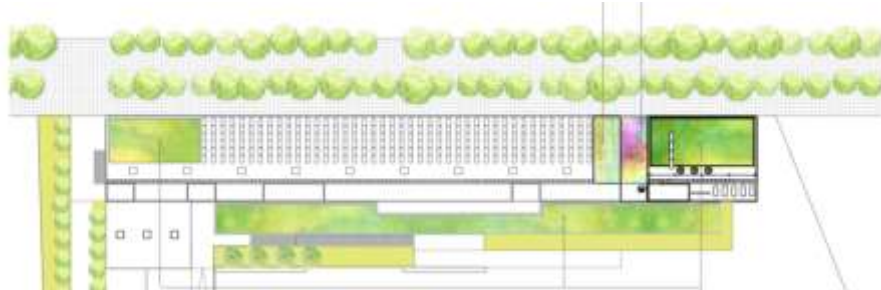


Figura 16. Fotografia del projecte de la coberta C10 Font: Ajuntament de Barcelona. 10 propostes guanyadores, 2017.

3. OBJECTIU

A través de la monitorització de les cobertes verdes del concurs “Qui té una coberta té un tresor”, realitzat per l’ajuntament de Barcelona, aquest treball pretén oferir respostes quantitatives sobre les millores que aporten les cobertes verdes dels edificis implicats a la ciutat de Barcelona i a les mateixes edificacions.

Per tant, l’objectiu principal d’aquest document és elaborar un recull d’informació i mesures dels 10 projectes que permetin la determinació dels avantatges/beneficis de la implantació d’una coberta verda.

Els aspectes analitzats són els següents: mesures de confort tèrmic, mesures de confort acústic, mesures de gestió de l’aigua, avaluació dels factors socials i la biodiversitat. Cadascun d’aquests aspectes desenvolupa objectius més específics enfocats a la resolució del principal. A continuació, a l’apartat 4, estan explicats juntament amb els protocols pertinents d’extracció de les mesures.

4. METODOLOGIA

Per la realització d'aquest treball s'ha realitzat la monitorització de les 10 cobertes seguint una metodologia específica que s'explica a continuació.

4.1. SEGUIMENT

S'ha realitzat un seguiment del projecte, des de l'inici, quan l'ajuntament envia les primeres informacions, fins a la realització de les últimes mesures. Aquests ha durat 11 mesos, de juliol de 2018 a juny de 2019.

4.1.1. Visites i tasques realitzades

Des del Departament d'Urbanisme de l'Ajuntament de Barcelona proporciona a Cobertes Lab tota la **documentació i informació rellevant** dels 10 projectes guanyadors de la subvenció per la construcció d'una coberta verda. En aquests arxius es troba la informació que els promotors de les cobertes verdes van proporcionar per participar en el concurs de l'Ajuntament, plànols, projecte tècnic, imatges, entre d'altres. Amb aquesta informació es realitzen les fitxes resum de cada coberta i es comencen a conèixer les diferents situacions de cada una. Aquestes fitxes s'han anat ampliant amb el transcurs del projecte convertint-se en una espècie d'àlbum amb la recopilació de tota la informació de cada coberta. A l'Annex I, es troben els àlbums finalitzats de les cobertes C1, C3, C4, C5, C7 i C9..

Els responsables d'urbanisme planifiquen, al juliol del 2018, una **primera visita de cada coberta** per realitzar les presentacions pertinents, entre el personal de la Universitat i els realitzadors, promotors i/o gestors de les 10 cobertes. Aquestes es realitzen entre l'11 i el 23 de juliol. Amb la informació i la visita es comença a entreveure l'abast real dels projectes a estudiar.

Aquesta contextualització dels projectes ens ajuda a determinar quins experiments es realitzaran en cada una d'elles i comencem a descartar alguns dels procediments inicialment plantejats.

Un cop amb la informació necessària de les cobertes es realitza un **estudi d'indicadors** per determinar les dades que es volen obtenir de cada una de les cobertes. Aquest pas, inicia la recerca d'informació i és quan comença amb la creació dels protocols corresponents (aquests estan definits l'apartat 4).

El llistat d'indicadors és el següent:

- Superfície construïda
- Públic/privat
- N° usuaris
- Ubicació

- Alçada de la coberta
- N° capes solució constructiva coberta
- Porositat substrat coberta verda
- Manteniment
- Temperatura ambiental coberta pre
- Temperatura ambiental coberta post
- Millora de la temperatura ambiental
- Temperatura superfície coberta pre
- Temperatura superfície coberta post (sobre capa substrat)
- Millora de la temperatura en superfície
- Temperatura interior pre
- Temperatura interior post
- Millora confort tèrmic interior
- Millora del confort tèrmic
- Transmissió solució constructiva pre
- Transmissió solució constructiva post
- Transmissió solució constructiva pre
- Transmissió solució constructiva post
- Millora de la transmissió
- Millora de la transmissió
- Proporció d'ombres pre
- Proporció d'ombres post
- Augment de la proporció d'ombres
- Concentració CO2 pre
- Concentració CO2 post
- Millora de la concentració de CO2
- Concentració de partícules recollides experiment
- Millora pol·lució per part plantes
- Millora pol·lució coberta
- Dies pluja període
- Rain on
- Rain off
- Capacitat d'emmagatzematge substrat
- Capacitat de retenció de la solució constructiva
- Capacitat de detenció de la solució constructiva
- Potencial evapotranspiració
- Consum aigua per a reg
- Consum aigua per a reg
- Millora gestió de l'aigua
- Soroll puntual coberta pre (dia 1)
- Soroll puntual coberta post (dia 2)
- Millora acústica puntual
- Soroll continu coberta pre (dia 1)
- Soroll continu coberta post (dia 2)
- Soroll continu carrer pre (dia 1)
- Soroll continu carrer post (dia 2)
- Diferència soroll carrer-coberta pre
- Diferència soroll carrer-coberta post
- Millora acústica
- Abundància espècies pre (insectes)
- Abundància espècies pre (aus)
- Abundància espècies pre (altres)
- Abundància espècies post (insectes)
- Abundància espècies post (aus)
- Abundància espècies post (altres)
- Augment biodiversitat
- Ocupació nius
- Ocupació hotel d'insectes
- Ús coberta pre
- Ús coberta post
- Nivell de satisfacció coberta verda
- Activitats vinculades a l'espai
- N° visites externes coberta verda
- Adquisició de competències ambientals
- Valoració estètica
- Consum en electricitat
- Consum en gas
- Consum en altres recursos
- Consum refrigeració
- Consum calefacció
- Consum total
- Producció elèctrica
- Producció elèctrica total
- Estalvi energètic

- Producció agrícola pre
- Producció agrícola post
- Producció de compost pre

- Producció de compost post
- Augment en la producció agrícola
- Augment en la producció compost

Aquests indicadors inicials són més dels estudiats finalment, això és degut, a que en el període de duració d'aquest treball no s'han pogut realitzar totes les mesures esperades. Els indicadors es descomponen en una taula amb el nom de l'indicador, la formula per obtenir-lo, les unitats d'aquest i el criteri. La taula es troba a l'Annex II.

Conjuntament amb els indicadors establerts, els aparells disponibles del laboratori de materials i el pressupost del projecte s'acaben de **definir els protocols** a realitzar. Alguns d'aquest, per pressupost, no acaben sent viables.

Amb els protocols definits es **determina els aparells que s'han de comprar** per la realització de les mesures. El principal problema amb l'obtenció d'aparells de mesura nous és que els més assequibles no estan adaptats a condicions ambientals d'exterior, per exemple a; pluja, incidència solar elevada, pols, etc. Per tant, alguns d'ells són protegits en alguns dels casos. La forma de protecció s'explica més detalladament a cada protocol.

Amb tots els aparells utilitzats es comença a realitzar un **manual d'eines per a la monitorització de cobertes verdes**. Part d'aquesta informació està incorporada als protocols definits a continuació. El manual, actualment està en procés d'ampliació.

Un cop amb les eines i aparells corresponents i els protocols establerts es comença la realització de noves visites amb l'objectiu de col·locar els aparells de mesura i començar a obtenir resultats. La primera col·locació és dur a terme el dia 16 d'octubre.

Per realitzar un **seguiment de les visites** es crea un calendari en el qual s'anoten totes les actuacions realitzades.

Aquest parteix a inicis de juliol del 2018, on realitza les primeres tasques anteriorment explicades, continua el febrer de 2019 amb la cessió de les tasques a Edudal Fernandez Daudé, estudiant d'arquitectura tècnica i edificació i finalitza el juny de 2019 amb la presa de les últimes mesures contemplades en aquest treball (Figura 17).

- Visites: Visita a les diferents cobertes tant per col·locació d'aparells, recollida d'aparells o reunió amb els promotors.
- Recollida de dades: períodes de presa de dades. Des de la instal·lació fins a la recollida de l'aparell.
- Reunió: Trobades entre les diferents parts implicades en el projecte. També amb experts de diferents matèries en la recerca de més informació o ajuda.

- Recollida d'informació: Lectura d'articles, llibres i recopilació d'informació, entre d'altres.
Redacció tant de protocols com d'informació per l'Ajuntament de Barcelona.

CALENDARIO 2018

juliol 2018						
L	M	M	J	V	S	D
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

agost 2018						
L	M	M	J	V	S	D
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

setembre 2018						
L	M	M	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

octubre 2018						
L	M	M	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

novembre 2018						
L	M	M	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

desembre 2018						
L	M	M	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

CALENDARIO 2019

gener 2019						
L	M	M	J	V	S	D
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27

febrer 2019						
L	M	M	J	V	S	D
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24

març 2019						
L	M	M	J	V	S	D
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24

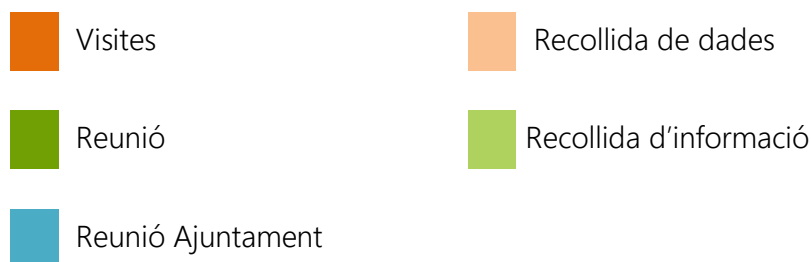
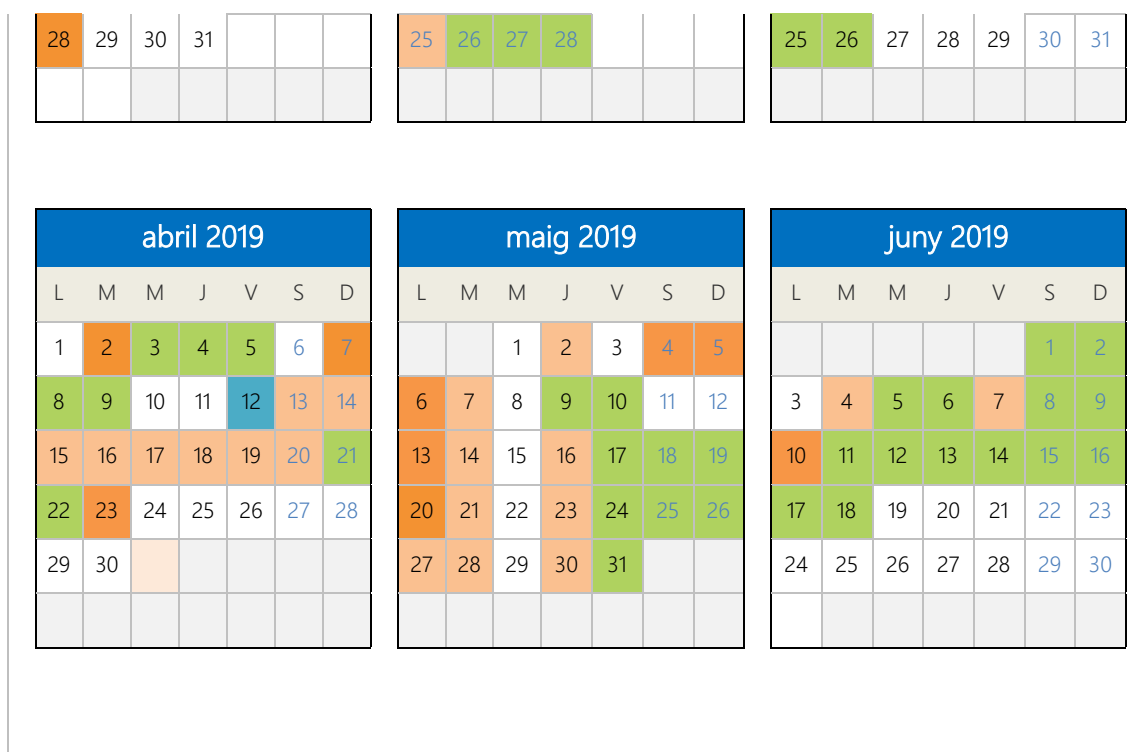


Figura 17. Calendari diari de les actuacions realitzades en els 11 mesos de duració del projecte. Font: elaboració pròpia.

Amb tota la informació recopilada s'extreuen 2 informes, que es presenten a l'Ajuntament de Barcelona. El primer s'entrega durant el mes de desembre del 2018 amb la informació inicial de cada projecte i les actuacions realitzades fins al moment. I el segon s'entrega al mes de juny del 2019, on es mostren les actualitzacions.

4.2. PROTOCOLS CONFORT TÈRMIC

4.2.1. Protocol 1. Control de la temperatura i humitat ambiental

Aquest protocol es du a terme per realitzar les mesures de temperatura i humitat d'abans i de després de la construcció de les 10 cobertes verdes.

Els objectius d'aquest són:

- Establir unes dades tèrmiques inicials, estendards i representatives de cada coberta per al primer període estudiat
- Determinar l'amplitud tèrmica prèvia i posterior de cada coberta

Abans

Es realitza la mesura de la temperatura i humitat a les 10 cobertes simultàniament, d'aquesta manera es pretén conèixer la variació pròpia de cada coberta. Duran la setmana del 26 d'octubre al 2 de novembre, aproximadament 7 dies, les 10 cobertes són avaluades en continu. Les mesures es realitzen durant les 24h del dia i l'aparell pren una mesura cada 10 minuts.

Després

Es realitza la col·locació de l'aparell un cop la coberta ha finalitzat. No es realitzen les mesures simultàniament però un cop totes les cobertes estiguin finalitzades sí que es vol realitzar el mateix protocol de mesura. Si és possible es vol realitzar en les mateixes període que les inicials.

Aparell i sistema informàtic

- A cada coberta s'utilitzen els següents equips: Higròmetres TIPUS: Mini datalogger MARCA: Testo MODEL: 174h (Figura 18). Aquest aparell té dos modes: *Wait* (espera) per quan ja s'han carregat els criteris de mesura i està preparat per començar a mesurar i *Rec.* (gravant) quan està enregistrant mesures.



Figura 18. Imatge del higròmetre utilitzat. Font: elaboració pròpia.

- El programa informàtic que dóna suport aquest aparell és: TESTO COMFORT SOFTWARE BASIC (Figura 19). Aquest és molt intuïtiu i ens permet programar el datalogger segons els següents criteris:
 - Criteri d'arrencada

- Criteri de parada
- Cicle de mesura
- Unitats de temperatura
- Configuració de canals

En aquest cas s'escull que comenci a gravar quan pressionem el botó d'arrencada més de 3 segons, que es realitzin mesures fins que la memòria estigui plena, que es realitzi la mesura cada 10 min i que s'utilitzin els graus centígrads i el percentatge d'humitat relativa. A més és programa perquè ens doni les dades de temperatura com a Temp. i mesuri entre el rang 0 a 70 graus i ens doni les dades d'humitat com a Humit. i mesuri entre el rang de 0 a 100%.

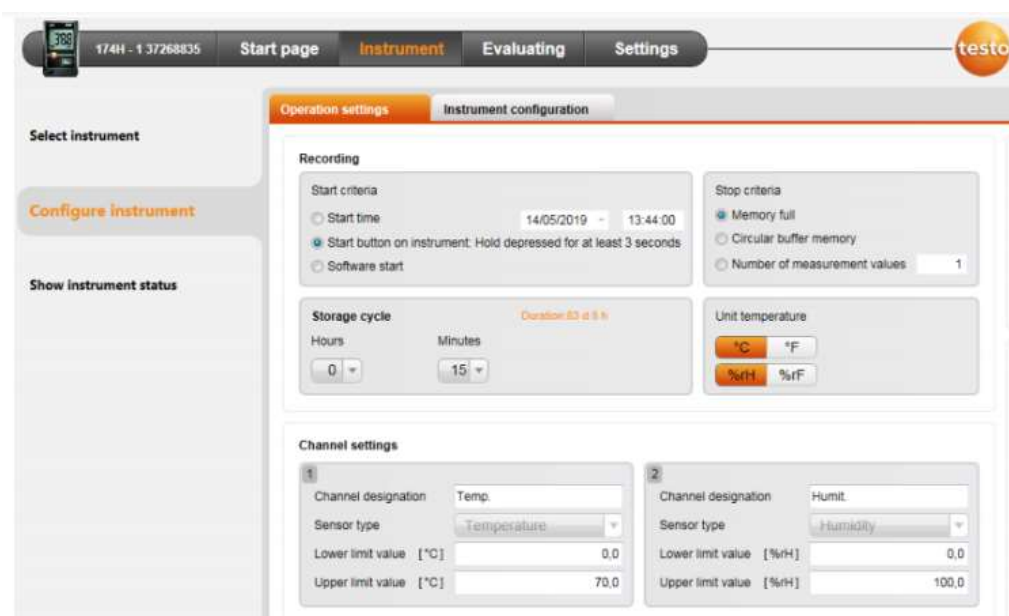


Figura 19. Programa TESTO COMFORT SOFTWARE BASIC. Font: elaboració pròpia.

Criteris de selecció de les àries de mesura

Per l'avaluació de la temperatura i humitat s'estableix una zona representativa de cada coberta però finalment es realitzen les mesures en aquell put on es compleixen els requisits d'ombra i cobertura per la pluja, que requereixen els aparells.

Procediment de mostreig

Les avaluacions es realitzen seguint el següent procediment:

- Es realitza una comprovació prèvia dels aparells al laboratori, amb una temperatura coneguda durant dos dies.
- Es programen els aparells amb els criteris esmentats anteriorment.
- Els equips són col·locats a una altura entre 0,5 i 1m de la superfície de la coberta (Figura 20)..
- Els aparells que així ho requereixen, per les condicions de la coberta, són protegits amb una estructura de plàstic dur que no dificulta la circulació de l'aire però evita la radiació solar directa i l'aigua de la pluja.



Figura 20. Col·locacions dels higròmetres a les cobertestenin en compte la seva protecció. En ordre decendent, coberta C7 i C3. Font: elaboració pròpia.

- Un cop col·locat l'higròmetre a la coberta es dona l'ordre de començar a enregistrar les dades.
- Al cap de tres dies de la seva col·locació es comprova que continua amb les mesures, ja sigui, presencialment o sigui, a través dels promotors dels projectes.
- Al cap de com a mínim una setmana es recullen els aparells.

- Es descarreguen les dades en format Excel del programa informàtica es realitzen els gràfics i les taules pertinents per extreure resultats.

4.2.2. Protocol 2. Determinació de la transmitància.

Aquest protocol es du a terme, per realitzar les mesures transmitància d'abans i de després de la construcció de les 10 cobertes verdes.

La transmitància tèrmica (U), per unitat de superfície d'un element constructiu de cares paral·leles, és la quantitat d'energia que la travessa quan en aquestes cares hi ha una diferència de temperatura d'un grau. Aquesta magnitud és l'invers de la Resistència tèrmica, és a dir, la capacitat d'oposar-se al pas del flux d'energia. (OCT COAC 2017)

La transmitància tèrmica d'una solució constructiva respon a l'expressió següent:

$$U = \frac{1}{R_t}$$

On,

U= Transmitància tèrmica (W/m²K) R_t = Resistència tèrmica total (m²K/W)

La resistència tèrmica total es pot calcular a través de la suma de les resistències de les capes que componen la solució constructiva.

En el nostre cas, però, s'ha utilitzat un fluxòmetre que calcula la transmitància de forma experimental a través de les temperatures exterior i interior i la temperatura del mur interior. Aquest realitza els càlculs de la següent manera:

$$U = \frac{T_i - T_w}{T_i - T_e} * \frac{1}{0.13}$$

On,

T_w: temperatura de la superfície interior (°C), T_i: temperatura interior (°C). T_e: temperatura exterior (°C), U: transmitància (W/m²/K)

Els objectius d'aquest protocol són:

- Conèixer la transmitància d'abans i després de la construcció de les cobertes verdes
- Conèixer la millora, que suposa la coberta verda, en l'aïllament de l'edifici

Abans

La mesura de la transmitància es realitza entre els mesos de novembre i desembre del 2018 i gener i febrer del 2019. Només es disposa d'un sol aparell i això obliga a que fer que les cobertes es mostregin de forma consecutiva i no simultània. En fer les mesures durant els mesos més freds s'afavoreix l'obtenció de resultats més fiables.

Després

La mesura de la transmitància es realitza entre els mesos de febrer a juliol del 2019. Només es disposa d'un sol aparell i això obliga al fet que les cobertes es mostregin de forma consecutiva i no simultània. Al fer les mesures durant mesos amb temperatures menys extremes els resultats poden ser menys fiables.

Aparell i sistema informàtic

- A cada coberta s'utilitza el següent equip: Instrument multifunció TIPUS: Datalogger
MARCA: Testo MODEL: 435-4, (Figura 21). S'utilitza concretament la funció: Fluxòmetre.



Figura 21. Imatge del fluxòmetre utilitzat. Font: elaboració pròpia.

- El programa informàtic que dóna suport aquest aparell és: Testo Confort-Software Básico – (S.10.INTE Log 4) com es mostra a la Figura 22.

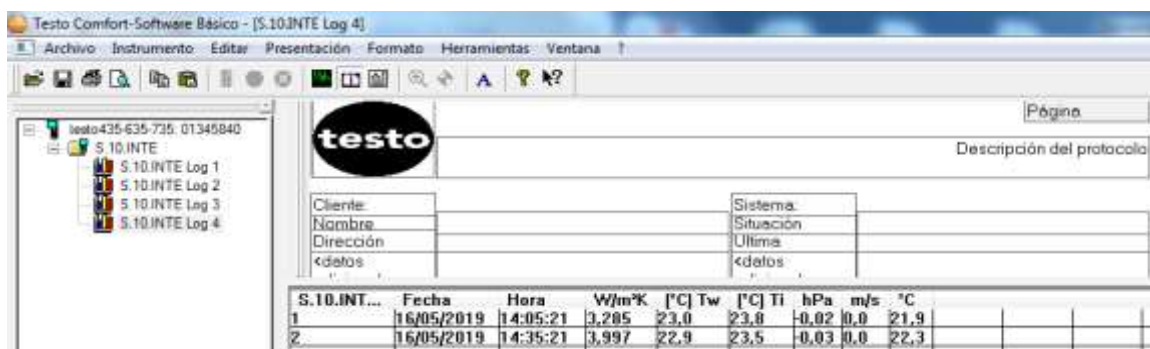


Figura 22. Testo Confort-Software básico. Font: elaboració pròpia

Criteris de selecció de les àries de mesura

Per la determinació de la transmitància de la solució constructiva s'escull una zona representativa de la coberta a la qual es pugui accedir amb facilitat al sostre de l'estança immediatament inferior.

Procediment de mostreig

Les mesures es realitzen seguint el següent procediment:

- Es realitza una comprovació prèvia de l'aparell al laboratori.
- L'equip és col·locat a 0,5m del sostre de l'estança seleccionada amb les sondes en contacte directe amb la seva superfície i adherides de forma resistent, com es mostra a la Figura 23.
- Si és possible l'aparell es manté endollat al corrent.



Figura 23. Imatge de la col·locació del fluxòmetre, concretament a la coberta C7. Font: elaboració pròpia.

- Un cop col·locat el fluxòmetre es dona l'ordre de començar a enregistrar les dades.
- Al cap de tres dies de la seva col·locació es comprova que continua amb les mesures, ja sigui, presencialment o sigui, a través dels promotors dels projectes.
- Al cap d'una setmana es recull l'aparell.
- Es descarreguen les dades i es realitzen els gràfics i les taules pertinents.

Resultats

Els resultats es mostren en taules on es pot apreciar la transmitància (en watts per metre quadrat i grau Kelvin), la temperatura exterior, la temperatura del mur i la temperatura interior (totes tres en graus centígrads).

4.2.3. Protocol 3. Fotografies tèrmiques

La termografia és una tècnica que s'utilitza per mesurar la temperatura superficial dels objectes a distància i sense contacte a través de la radiació infraroja que aquest emeten. Per això, els sensors utilitzats són capaços de captar aquesta radiació infraroja i plasmar-la en una imatge visible (Flir alavaningenieros).

Tradicionalment, l'anàlisi termogràfic s'ha utilitzat en molts sectors del món industrial. Per exemple, a l'àmbit de l'edificació d'habitatges, és necessària poder analitzar de forma no invasiva la distribució tèrmica de la façana i per detectar problemes d'aïllament, fuites de calor, entre d'altres (Isasi, 2014).

Els objectius d'aquest protocol són:

- Conèixer la temperatura superficial de les diferents solucions de les cobertes
- Determinar el canvi de temperatura superficial que aporten els elements vegetals
- Mostrar de forma visual, entenedora i ràpida les diferències de temperatura superficial

Abans

Les fotografies tèrmiques prèvies es van realitzar a l'inici del projecte, abans de començar les intervencions, és a dir, al llarg dels mesos d'octubre, novembre i desembre de 2018. Es van fer a les 10 cobertes ubicades a la ciutat de Barcelona, però no totes han estat significatives. Depenent del dia i l'hora la radiació no era màxima i no s'apreciaven bé els contrastos. Algunes s'han descartat i no han estat utilitzades.

Després

A mesura que han finalitzat les intervencions a les cobertes s'han realitzat les fotografies tèrmiques pertinents.

En ambdós casos, les fotografies han estat preses, durant el matí, procurant que la incidència solar fos màxima per poder apreciar més fàcilment les diferències.

Aparell i sistema informàtic

- L'equip utilitzat és una càmera termogràfica Flir One Android i un SmartPhone amb connexió micro USB – OTG, com a la Figura 24.



Figura 24. Imatge de la càmera termogràfica utilitzada. Font: pròpia.

- El programa informàtic que dona suport aquest aparell és: l'aplicació "FlirOne" per Android.

Criteris de selecció de les àries de mesura.

Les mesures es realitzen en zones amb presència de diverses solucions per apreciar en una mateixa fotografia les diferències en la temperatura superficial. Es realitzen tantes com és possible.

Procediment de mostreig

Les mesures es realitzen seguint el següent procediment:

- Inicialment es connecta la càmera al Smartphone a través del USB-OTG.
- Un cop iniciada l'aplicació i amb la càmera encesa, obrim el desplegable "Palettes" i escollim el filtre "Rainbow". Utilitzarem aquest per totes les cobertes, perquè és el més visual (zones càlides en vermell - zones fredes en blau fosc)
- Escollim la zona i fem la fotografia tèrmica. Les fotografies es realitzen sempre des d'un angle el qual permeti entendre què és el que estem veient. I sempre que sigui possible

amb la càmera paral·lela al nostre objectiu a fotografiar, per obtenir temperatures més precises.

- Es realitza una fotografia semblant amb la càmera per poder identificar més fàcilment la imatge tèrmica.
- Finalment s'interpreten les fotografies.

Resultats

En aquest cas els resultats són merament visuals es pot captar a simple vista les diferències de temperatura de les diferents superfícies. Les dades de temperatura exacte no s'extreuen finalment, per dificultats amb els sistema informàtic.

4.3. PROTOCOLS CONFORT ACÚSTIC

4.3.1. Protocol 4. Determinació de la contaminació acústica puntual

La contaminació acústica es considera com la presència a l'ambient de sorolls o vibracions que impliquin una molèstia, risc o dany a la salut de les persones, als seus béns o al medi ambient.

Segons un estudi publicat per l'OMS (Organització mundial de la Salut) es considera perjudicial a la salut estar exposat a 85 dB durant més de 8 hores. Aquesta exposició prolongada generaria problemes a la salut. A la Figura 25 que hi ha a continuació es mostren, segons el recinte i els dB, els danys a la salut que es poden ocasionar sobre les persones afectades. Amb aquestes dades podrem comprar els resultats obtinguts in situ de cada coberta.

Recinte	Efectes salut	LAeq (dB)	iemps (horas)	LAmáx, fast (dB)
Exterior habitable	Malestar fort o moderat	55-50	16	-
Interior habitatges	Interferències en la comunicació verbal	35	16	-
Dormitoris	Pertorbació del son	30	8	45
Fora dormitoris	Pertorbació del son (valors en l'exterior)	45	8	60
Aules d'Escolar y preescolar interior	Interferència en la comunicació, pertorbació en l'extracció d'informació, intel·ligibilitat del missatge	35	Duració de les classes	-

Figura 25. Valors acústics límits per a produir problemes a la salut, establerts per l'OMS. Font: elaboració pròpia i <https://www.who.int/es>.

Els objectius d'aquest protocol és:

- Conèixer el nivell de soroll aproximat de cada coberta
- Veure quines de les cobertes estan per sobre dels decibels recomanats per l'OMS
- Determinar si la construcció de la coberta verda genera beneficis a la salut

Abans

Les mesures es realitzaran a les 10 cobertes ubicades a la ciutat de Barcelona durant els mesos de novembre i desembre del 2018 per establir unes dades base de soroll a cada una d'elles. Les mesures es realitzen sempre en horari de matí, entre les 8 i les 14h.

Després

Les mesures es realitzen a mesura que les cobertes van finalitzant les seves construccions.

Aparell

- En cada coberta s'utilitzen els següents equips: Sonòmetre TIPUS: datalogger MARCA. RION MODEL: NX-05 (Figura 26).

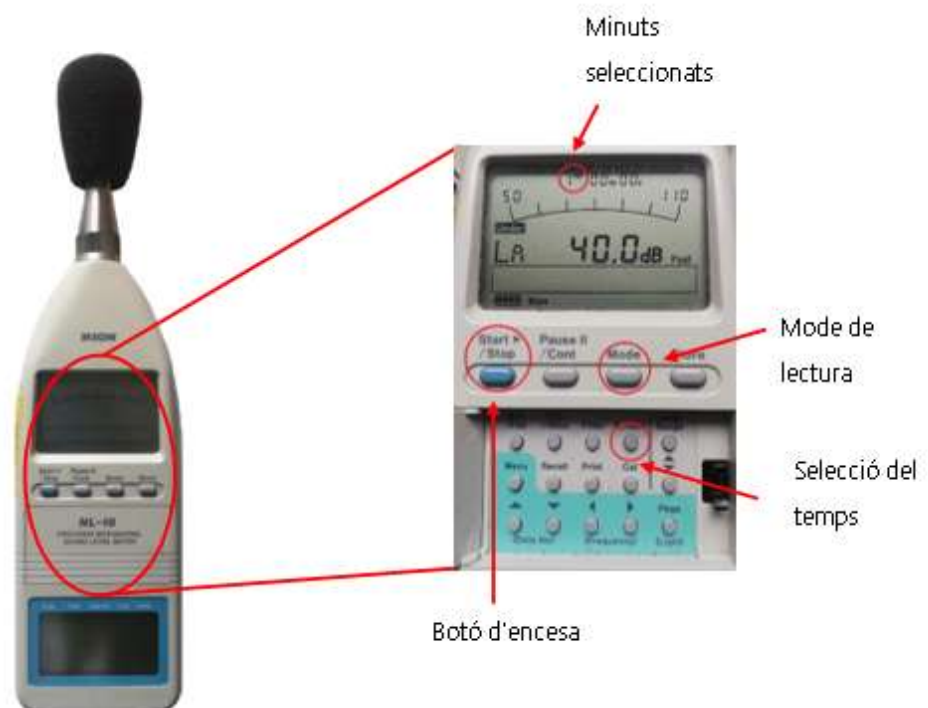


Figura 26. Imatge del sonòmetre utilitzat. Font: elaboració pròpia.

- Aquest aparell té suport informàtic però no s'utilitza en aquest protocol.

Criteris de selecció de les àries de mesura

Per a la determinació de la contaminació sonora s'estableixen tres punts representatius de la coberta.

Procediment de mostreig

Les avaluacions es realitzen seguint el següent procediment:

- Es realitza la comprovació prèvia de l'aparell mitjançant l'autocalibració per sensibilitat.
- L'aparell és subjectat aproximadament a 1,5 m de la superfície de la coberta (Figura 27).
- El micròfon és protegit amb una pantalla anti-vent, que evita les distorsions causades per les ràfegues d'aquest.
- Totes les mesures es realitzen en decibels A (dBA) perquè són aquells que s'aproximen més a la percepció de l'oïda humana.



Figura 27. Imatges de la presa de dades a la coberta C1. Font: elaboració pròpia.

- Un cop en posició es dona l'ordre de començar a enregistrar les dades.
- Al cap de 1 minut s'anoten els resultats. Això es realitza als tres punts establerts.
- A continuació es realitza la mesura durant 5 minuts en el punt amb la menor mitjana de decibels per corroborar els resultats. És important conèixer el soroll base de la coberta.
- S'anoten totes les mesures i s'emmagatzemen.

Resultats

Els resultats es mostren en taules, on es troben diferents indicadors de soroll, en decibels A, per a totes les mostres realitzades.

4.3.2. Protocol 5. Determinació de la contaminació acústica en continu

Es proposa una determinació de la contaminació acústica en continu per poder determinar de manera més fiable la variació del nivell de soroll. Es proposa un experiment amb dos aparells amb mesura simultània del soroll de la coberta i del soroll del carrer.

L'objectiu d'aquest protocol és:

- Conèixer el nivell sonor de cada coberta
- Determinar la diferència sonora entre carrer i coberta
- Establir, si existeix, una correlació entre la construcció de la coberta verda i la disminució del soroll a la coberta.
- Determinar si la construcció de la coberta verda genera beneficis a la salut

Abans

Les mesures es realitzen a 4 de les 10 cobertes ubicades a la ciutat de Barcelona durant els mesos de novembre i desembre del 2018, per determinar les variacions de soroll en el transcurs del dia carrer-coberta. Les mesures es realitzen cada 30 segons i com a mínim en horari de matí.

Després

No s'han pogut realitzar mesures perquè un dels aparells s'ha espatllat. Es resta a l'espera per fer les mesures que aquest torni a funcionar o es compri un de nou.

Aparell i sistema informàtic

- A cada coberta s'utilitzen els següents equips: Sonòmetres TIPUS: Mini Datalogger
MARCA: PCE- instruments MODEL: PCE-SDL 1-ICA incl. ISO-CalibrationCertificate. (Figura 28).



Figura 28. Imatge del sonòmetre utilitzat. Font: elaboració pròpia.

- El programa informàtic que dóna suport aquest aparell és: SoundDatalogger versió 2.0. (Figura 29). Aquest ens permet programar el datalogger segons els següents criteris:
 - Cicle de mesura
 - Quantitat de dades
 - Temps de mesura
 - Programació d'alarma
 - Programació del LED
 - Tipus d'emmagatzematge
 - Tipus de decibels
 - Tipologia de captació del so

Els criteris que es seleccionen per gravar i emmagatzemar les dades sonores en continu són els següents; es determina que comenci a gravar quan es pressiona el botó d'arrencada de forma manual, que es realitzin mesures fins a les 129920 dades (memòria completa), que es realitzi la mesura cada 30 segons i que s'utilitzin els decibels A. A més és programa perquè identifiqui com a alarma baixa els 60 dB i com a alarma greu els 130 dB.

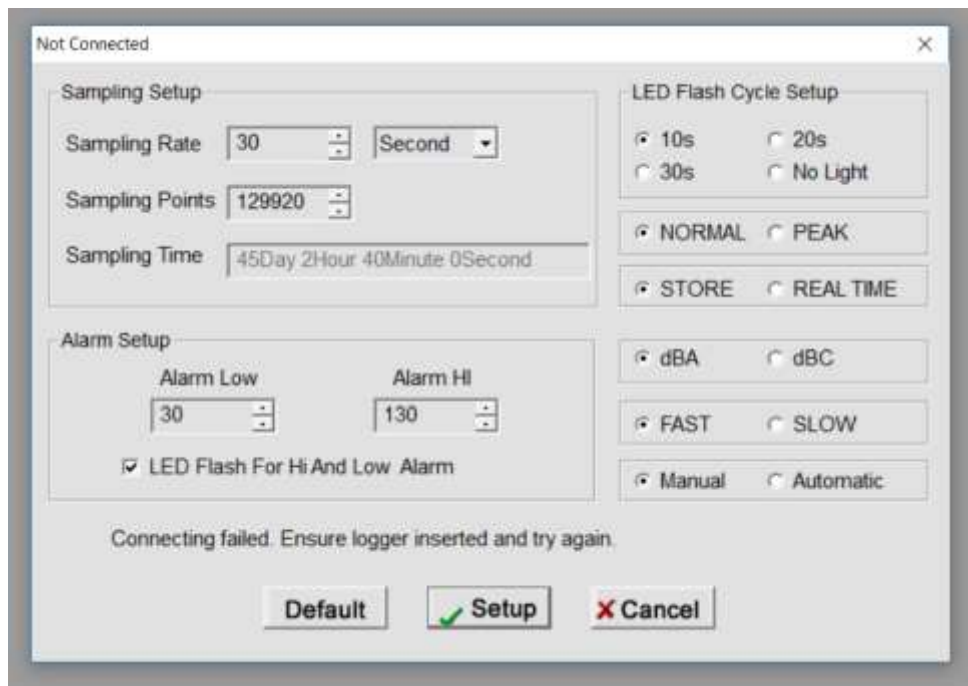


Figura 29. Programa Sound Datalogger versió 2.0. Font: elaboració pròpia.

Criteris de selecció de les àries de mesura

Per a la determinació de la contaminació sonora s'estableixen dos punts representatius, un de la coberta i un del carrer.

Procediment de mostreig

Les avaluacions es realitzen seguint el següent procediment:

- Es realitza la comprovació prèvia de l'aparell mitjançant l'autocalibració per sensibilitat a través del programari de l'aparell. Aquest a més té la certificació d'estar calibrat segons la normativa ISO.
- Un dels aparells és col·locat en una de les finestres o accessos de la propietat en contacte directe amb carrer i l'altre en una zona representativa de la coberta aproximadament a 1m de la superfície d'aquesta.
- El micròfon és protegit amb una pantalla anti-vent, que evita les distorsions causades per les ràfegues de vent.
- Totes les mesures es realitzen en decibels A (dBA) perquè són aquells que s'aproximen més a la percepció de l'oïda humana.



Figura 30. Imatges del sonòmetre col·locat a les cobertes, en ordre descendent, C1 i C7. Font: elaboració pròpia.

- Un cop col·locats a la coberta al carrer es dona l'ordre de començar a enregistrar les dades.
- Al cap de 3 – 4 hores es recullen els aparells. En alguns dels casos no es recullen fins l'endemà.
- Es descarreguen les dades amb el programa corresponent i es realitzen els gràfics i les taules.

Resultats

Els resultats es mostren en taules on es veuen les dades de soroll, en decibels A, per a les 4cobertes realitzades.

4.4. GESTIÓ DE L'AIGUA

Com ja s'ha comentat anteriorment és important conèixer els sistemes que col·laboren en la gestió de l'aigua a les ciutats. Per tant, s'estableix un protocol que ens permeti determinar l'efecte de les cobertes verdes sobre aquest sistema tan complex.

Els objectius d'aquest protocol és:

- Conèixer la capacitat de mitigació de cada coberta.
- Determinar el temps de retenció de cada coberta
- Avaluar si l'impacte final és significatiu

Abans-després

Les mesures d'aquest protocol estan únicament enfocades a una de les cobertes, la coberta de Llauder, 1. Aquesta coberta permet instaurar en una de les seves taules per a hort, una rèplica de la solució constructiva de la mateixa coberta, permeten per tant, l'estudi de forma més controlada.

Criteris de selecció de les àrees de mesura

L'àrea de mesura en aquest cas no és seleccionable. Aquesta és una de les taules metàl·liques que ja estaven contemplades al projecte de la coberta verda inicial i que tenen l'objectiu d'utilitzar-se per cultivar aliments. La cessió d'aquesta taula, a motius educatius, és una oportunitat no només d'obtenir dades més fiables sinó que contribuirà a la visibilització del projecte sobre monitoratge de les cobertes verdes.

Procediment de mostreig

La taula disposarà de la mateixa solució constructiva i vegetal que la coberta vegetal real. Aquesta també s'anivellarà reproduint-la amb la màxima fidelitat possible el pendent de la coberta real. Permeten en primer lloc, reproduir amb la màxima exactitud possible, les condicions d'escorrentia; i, en segon lloc, permeten l'obtenció de valors extrapolables a la totalitat de la superfície de la coberta.

S'instal·larà un pluviòmetre al desaigüe de la taula, que es calibrarà a l'inici del mostreig, i un mesurador d'humitat, que anirà al mateix substrat.

Es recolliran les dades periòdicament i especialment en períodes de pluges. Tot i així, es planteja la instal·lació d'un datalogger per al registre automàtic de dades.

Resultats

Els resultats obtinguts mostraran la quantitat de cabal per unitats de temps i la humitat del substrat per unitat de temps. D'aquests es podran extreure dades sobre la retenció i detenció d'aigua de la coberta, és a dir, els resultats ens permetran conèixer la retenció total d'aigua, en funció de la precipitació i del retard d'escorriment d'aigua cap al clavegueram.

4.5. ALTRES FACTORS

4.5.1. Socials

Per la valoració dels factors socials la metodologia més emprada són les enquestes. Aquestes permeten recopilar la informació de la forma més objectiva possible i per tant, permetran extreure dades numèriques i comparables.

Es realitzen diferents tipologies d'enquestes una d'elles enfocada conèixer la percepció i expectatives dels diferents implicats i l'altre enfocada en descobrir les dificultats que han tingut els gestors a l'hora d'impulsar la coberta verda.

La primera tipologia es divideix en diverses segons la persona enquestada. Distribuïnt-se en:

- Promotor: enfocada a conèixer les expectatives del projecte, el nivell de participació en la realització del projecte i els perquè de l'elecció del projecte de coberta definitiva. Finalment s'analitza el nivell de satisfacció.
- Usuari/Treballador/Veí: servirà per conèixer el canvi de comportament ambiental i social que han experimentat els afectats. Finalment s'analitza el nivell de satisfacció.
- Alumnes: es vol conèixer el canvi de percepció i coneixements vers la natura i la producció agrícola. També si afavoreix la seva creativitat i la seva predisposició a participar a classe. Finalment s'analitza el nivell de satisfacció.

La Figura 31 és un exemple d'aquesta tipologia d'enquesta enfocada als Estudiants de l'escola ubicada a Consell de Cent, 323:

Estudiantes del Colegio de Consejo de Ciento

¿Cómo usas el espacio exterior (el patio) del colegio? ¿Cómo te encuentras cuando estás allí? ¿Es la cubierta verde un posible patio del futuro?

Esta encuesta pretende contestar estas preguntas y entender ¿Cómo se percibe las cubiertas verdes como una nueva solución posible a la falta de espacio exterior en la ciudad. Una cubierta verde es un espacio al aire libre que ocupa el techo del edificio. Hay varias formas de cubiertas verdes, entre flores, hierbas o incluso espacio para cultivar verduras. También, hay múltiples funciones según el tipo de usuario. Por ejemplo, se puede usar para relajarse, hacer clases, quedar con amigos, etc.

Tu colaboración en responder a esta encuesta nos ayudará a conocer y entender las posibles oportunidades y barreras sociales acerca del uso de las cubiertas verdes en la ciudad de Barcelona.

Gracias.

***Obligatorio**

Pensamientos del colegio y el patio

Esta sección pretende entender el uso actual del patio del colegio y las actividades que ya hacen allí. El patio se refiere al espacio que existe actualmente, p.e. las mesas de descanso, los juegos, el campo...

1. ¿Qué piensas del aspecto del colegio? Elija uno o dos opciones.

Selecciona todas las que correspondan.

- ☐ Es feo
- ☐ Es bonito
- ☐ Estoy cómodo/a allí
- ☐ No estoy cómodo/a allí
- ☐ Hace mucho frío/calor
- ☐ Me estimula
- ☐ No sé

2. En general, te gusta el edificio del colegio?

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
No, no me gusta para nada!	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Si, me encanta!

3. Sales al patio del colegio? (+IMAGENES) *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí, de vez en cuando *Después de la última pregunta de esta sección, pasa a la pregunta 6*
- ☐ Sí, a menudo *Después de la última pregunta de esta sección, pasa a la pregunta 6*
- ☐ Sí, diariamente *Después de la última pregunta de esta sección, pasa a la pregunta 6*
- ☐ No, nunca *Después de la última pregunta de esta sección, pasa a la pregunta 5*

4. En general, te gusta el patio del colegio (el patio, etc)?*Marca solo un óvalo.*

	1	2	3	4	5	
No, no me gusta para nada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Si, me encanta

¿Por qué no usas el patio del colegio?**5. No uso el patio del colegio porque...***Selecciona todas las que correspondan.*

- ☐ Tengo calor/frío
- ☐ Hay mucho ruido
- ☐ El aire me parece de mala calidad
- ☐ No me gusta el aspecto
- ☐ No puedo hacer nada interesante allí
- ☐ No me siento seguro/a allí
- ☐ No hay ninguna razón concreta

Uso actual del patio del colegio*¿Cuándo usas el patio actual del colegio, que te parece?***6. Normalmente, cuando sales al patio, ¿Cuánto tiempo estás allí? (+IMAGENES DE RELOJ)**

*

Marca solo un óvalo.

- ☐ Menos de 15 minutos
- ☐ 15-30 minutos
- ☐ 30-60 minutos
- ☐ Mas de 60 minutos

7. ¿Que actividades haces en el patio del colegio? **Selecciona todas las que correspondan.*

- ☐ Descansar/Relajarme
- ☐ Hablar con amigxs/colegas
- ☐ Comer
- ☐ Hacer deporte/ejercicio
- ☐ Jardinería (cuidar plantas para observarlas)
- ☐ Agrícola (cultivar verduras, frutas, plantas aromáticas para comer)
- ☐ Actividades recreativas (jugar con lxs amigxs)
- ☐ Hacer clases/actividades escolares
- ☐ Hacer extra escolares
- ☐ Meditación, rehabilitación, y otras actividades para la salud
- ☐ Fiestas/celebraciones especiales o puntuales
- ☐ Asambleas del colegio

8. **¿Es cierta la frase siguiente? El patio del colegio contribuye a mi estado de ánimo (ansiedad, nervios, etc.) (+imagen)**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
No, en el patio estoy ansioso/a o nervioso/a	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Si, el espacio me ayuda relajarme y estar mas tranquilo/a

9. **¿Es cierta la frase siguiente? El patio del colegio contribuye a que me sienta mejor físicamente (que pueda descansar un rato, estirar o caminar para retomar el trabajo) (+imagen)**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
No, el patio colegio no me da la posibilidad de descansar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Si, en el patio puedo descansar y reponerme

10. **¿Es cierta la frase siguiente? En el patio del colegio, tenemos clases y aprendemos cosas nuevas (p.e. clases de ciencia, plástica, etc) (+imagen)**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
No, en el patio del colegio no aprendo nada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Si, en el espacio aprendo muchas cosas nuevas

11. **¿Es cierta la frase siguiente? El patio del colegio está bien para todas las actividades (p.e. leer, descansar, jugar con los/las amigos/as) (+imagen)**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
No, en el patio del colegio no puedo hacer actividades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Si, el espacio es genial para hacer muchas cosas!

12. **¿Es cierta la frase siguiente? En el patio del colegio, hablo con mis compañeros/as y otras personas (+imagen)**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
No, no hablo con nadie allí	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Si, siempre hablo con mucha gente.

13. **¿Es cierta la frase siguiente? En el patio, practicamos terapias como meditación, fisioterapia, o manualidades específicas (+imagen)**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
No, nunca hago actividades terapéuticas en el patio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Si, siempre hago algún tipo de actividad terapéutica allí

14. **En general, cuando estás en el patio del colegio, ¿Cómo te sientes? (+IMAGENES)**

Marca solo un óvalo.

- ☐ Feliz
☐ Triste
☐ Tranquilo/a
☐ Aburrido/a
☐ Indiferente
☐ Molesto/a o enojado/a
☐ Ansioso/a
☐ No sé

15. **Espacio para añadir otras reflexiones del patio del colegio**

Nuevos espacios verdes

Las cubiertas verdes son un tipo de espacio verde alternativo que consta del uso de las cubiertas de los edificios para instalar vegetación y usarlo como un espacio donde pasar el tiempo.

¿Sabes qué es una cubierta verde? ¿Conoces alguna?

16. **¿Sabías qué era una cubierta verde antes de esta encuesta? (+IMAGEN) ***

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No
☐ No sé

17. **¿Conocías alguna cubierta verde? (+IMAGEN ejemplo) ***

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No
☐ No sé

18. ¿Si tuvieras acceso a una cubierta verde, te gustaría usarla? (+IMAGENES) *

Marca solo un óvalo.

- ☐ No, nunca *Después de la última pregunta de esta sección, pasa a la pregunta 24 .*
☐ Sí, a veces *Después de la última pregunta de esta sección, pasa a la pregunta 23 .*
☐ Sí, mucho *Después de la última pregunta de esta sección, pasa a la pregunta 23 .*
☐ Sí, cada día! *Después de la última pregunta de esta sección, pasa a la pregunta 23 .*

19. Si hubiera una cubierta verde, ¿te interesaría participar en el mantenimiento o organización de la cubierta verde? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ No, para nada.
☐ Sí, un poco. Quizás ayudo a mantener las plantas o organizar algunas actividades.
☐ Sí, quiero estar muy involucrado/a en el mantenimiento y organización del espacio.
☐ No sé

20. ¿Quién querías que ayudase en el mantenimiento de la cubierta verde? Pueden haber múltiples respuestas. *

Selecciona todas las que correspondan

- ☐ Otros estudiantes como yo
☐ Mis profesores/as
☐ Mi familia
☐ Otros voluntarios/as
☐ No sé

21. ¿Hay algo que te preocupe de la idea de la cubierta verde? (+IMAGENES) *

Selecciona todas las que correspondan.

- ☐ No, nada
☐ Cómo se va a mantener el espacio y quién lo hará
☐ El tema económico (posibles gastos para el mantenimiento del espacio)
☐ Quién podrá usar la cubierta
☐ Cuando se podrá usar el espacio
☐ Cómo se usará el espacio
☐ Qué habrá en el espacio
☐ La temperatura y el viento
☐ Mi seguridad en la cubierta
☐ La posibilidad de daños al edificio
☐ Otro: _____

22. En general, ¿Que te parece la idea de una cubierta verde? *

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
No me importa ni me interesa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Creo que es muy importante e interesante!

¿Cómo usarías una cubierta verde?

¿Si tuvieras acceso a una cubierta verde, cómo la usarías?

23. ¿Que te gustaría hacer en una cubierta verde? *

Selecciona todas las que correspondan.

- ☐ Descansar/Relajarme
- ☐ Hablar con amigos/as
- ☐ Comer
- ☐ Hacer deporte/ejercicio
- ☐ Jardinería (cuidar plantas para observarlas)
- ☐ Agrícola (cultivar verduras, frutas, plantas aromáticas para comer)
- ☐ Actividades recreativas (leer, jugar cartas, etc.)
- ☐ Hacer clases/actividades escolares
- ☐ Hacer extra escolares
- ☐ Meditación, rehabilitación, y otras actividades para el salud
- ☐ Fiestas/celebraciones especiales o puntuales
- ☐ Asambleas del colegio
- ☐ Otro: _____

Datos del participante

Por favor, conteste a estas preguntas. Es la ultima sección. Muchísimas gracias por su colaboración

24. Género de participante *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Mujer
- ☐ Hombre
- ☐ Ninguna de estas opciones representa mi género

25. En que curso estas? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ 1º de primaria
- ☐ 2º de primaria
- ☐ 3º de primaria
- ☐ 4º de primaria
- ☐ 5º de primaria
- ☐ 6º de primaria
- ☐ 1º de ESO
- ☐ 2º de ESO
- ☐ 3º de ESO
- ☐ 4º de ESO
- ☐ 1º de Bachillerato
- ☐ 2º de Bachillerato

26. **¿Cuánto tiempo llevas en este colegio?**

Marca solo un óvalo.

- ☐ Menos de 1 año
- ☐ 1-3 años
- ☐ 4-6 años
- ☐ 7-9 años
- ☐ Mas de 10 años

27. **Por favor, si le interesa participar en este estudio más a fondo, deje su correo electrónico. Es posible que nos pongamos en contacto con usted para participar en otras actividades del estudio.**

Con la tecnología de
 Google Forms

Figura 31. Enquesta realitzada perquè els alumnes de la coberta C2 avaluïn la coberta verda. Font: elaboració per Sally Lewis i pròpia.⁷

Les enquestes encara no s'han pogut realitzar donada la complexitat que suposa dur a terme la distribució, la recopilació de dades, la verificació i la posterior gestió de la informació obtinguda. La resta de les enquestes en troben a l'Annex III.

La segona tipologia d'enquestes realitzades als promotors/gestors de les cobertes verdes del concurs van ser dutes a terme per Fabiola Meignen Martinez estudiant de doctorat industrial de la Universitat Ramón Llull, Campus la Salle dins la seva investigació sobre la implementació del verd en els espais intermedis a la ciutat de Barcelona. Aquestes enquestes van ser contestades pels promotors/gestors de totes les cobertes.

Les preguntes de l'enquesta estan enfocades a detectar les principals problemàtiques que sorgeixen en les diferents etapes de la construcció de la coberta verda, participació dels veïns, implementació i gestió anterior i posterior d'aquesta.

A continuació es presenten 3 de les 4 preguntes, amb un resum dels detalls més rellevants de totes elles.

"2. ¿Cómo fue la gestión para llevar a cabo el proyecto? ¿En algún momento se generó algún tipo de protocolo de uso de la cubierta verde?"

La majoria dels enquestats han estat demandats per un client interessat però també han hagut de lidiar i convèncer, en tots els casos, alguns dels veïns. Un d'ells va ser l'impulsor de la coberta, trobant ell mateix un client interessat, tot i que amb moltes dificultats.

D'aquí podem extreure que si la gent està conscienciada, aquest tipus de projectes són fàcils de portar a terme.

També en dos dels casos fan referència a la gestió de la subvenció i dificultat d'obtenció de les llicències i de passar les diferents fases del concurs. Moltes cobertes ja projectades, van quedar fora per diferents aspectes tècnics.

"3. ¿Cuáles son los principales problemas que te enfrentaste al llevar a cabo el proyecto de cubierta verde? ¿qué claves empleaste para superar esos problemas?"

Tots els enquestats coincideixen que els problemes no són tècnics ni de disseny sinó que vénen generats pels interessos particulars i/o la resistència veïnal.

Si hi ha un veïnat/propietari conscienciat o interessos econòmics favorables els problemes gairebé es redueixen a 0. En aquest últim, és el que vol solucionar l'Ajuntament de Barcelona amb la seva subvenció.

"4. ¿Qué beneficios y perjuicios o temores en contraste en la implementación del proyecto?"

Els principals perjudicis i pors amb les que es troben els enquestats són:

- A filtracions i a humitats.
- Que les arrels del verd puguin destruir part de l'edifici
- Que el manteniment sigui molt elevat
- A gastar molts diners
- A tenir plagues

Totes aquestes pors sorgeixen del desconeixement dels beneficis de les cobertes verdes, augmentant la informació sobre aquestes els eliminaríem. Els beneficis són clars per tots els entrevistats. En parlen també dels psicològics, socials i del foment de la biodiversitat.

4.5.2. Biodiversitat

Inicialment es volia realitzar un estudi de l'augment de biodiversitat a les cobertes i un d'adaptació de les diferents espècies a la coberta.

La primera pretenia avaluar com la biodiversitat, que en moltes de les cobertes era pràcticament nul·la, creixia amb el temps. La segona volia analitzar com les diverses espècies implantades, sobretot de plantes, evolucionaven dins la coberta, veient quines es trobaven en un ambient confortable i creixien sense problemes i quines en canvi no s'adaptaven a una situació de coberta.

Ambdós estudis no s'han pogut realitzar en el període d'aquest treball donat que aquestes evolucions no es poden mesurar en períodes inferiors a un parell d'anys.

Tot i això, a la coberta C7, abans de començar les obres es va realitzar un recompte d'aus, del 21 de gener a l'1 de febrer, per part de la seva promotora, experta en el tema. Es va realitzar el comptatge de les aus més habituals a la parcel·la: Tórtora turca, Pit-roig, Merla, Tallarol capnegre, Tallarol de casquet, Mallerenga carbonera, Pardal comú, Gafarró i Bec de corall senegalès. Aquest procediment consistent en identificar visualment la presència de les diverses espècies en tres franges horàries diferents durant el dia. De mitjana diàriament es van arribar a comptar 104 ocells (Figura 32). Aquesta mitjana haurà de ser comparada amb altres observacions fetes després de la coberta, en el mateix període de l'any.

Dia	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	01	Mitjana
Nº ind.	94	85	94	99	107	101	117	110	112	113	108	106	104

Figura 32. Valors de recompte d'ocells entre els dies 21 de gener i 1 de febrer de 2019. Font: elaborada per la promotora de la coberta C7.

5. RESULTATS

A continuació es mostren els resultats obtinguts.

5.1. CONFORT TÈRMIC

Per l'estudi del confort tèrmic s'han realitzat 3 tipus d'accions: l'estudi de la temperatura i la humitat, l'estudi de la transmitància i la realització de fotografies tèrmiques.

5.1.1. Temperatura i humitat

A les Figures 33 i 34 que veiem a continuació es mostren les temperatures mitjanes del període de setembre i del període de juny de cada una de les 10 cobertes. Per l'obtenció d'aquestes dades s'ha utilitzat el Protocol 1 sobre el control de la temperatura i humitat ambiental.

La mitjana de les **temperatures** mitjanes, **abans** de la construcció de la coberta verda, de les 10 cobertes està al voltant de 15,6 °C amb una desviació màxima de 1,2 °C La mitjana de les 4 temperatures mitjanes de les cobertes després de la construcció de la coberta verda és de 19,5 °C amb una desviació màxima de 3,5 °C (Figura 33). Les primeres mesures van ser preses durant un període més fred i per això totes les mitjanes són inferiors.

ABANS										
Paràmetres/Coberta	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Temp. Mitjana (°C)	16,2	15,9	15,4	15	16,4	14,4	15,7	14,7	16,7	15,8
Temp. Màxima (°C)	28,7	26,1	24,5	25,7	25,2	25,7	27,5	27,1	25,2	39,5*
Temp. Mínima (°C)	7	7,5	9,6	6,5	10,2	6,2	6,9	5,9	7,9	4,7
Humit. Mitjana (%)	67	64,8	61,9	75	67	71,3	71,7	71,1	65,3	69,6
Humit. Màxima (%)	99,9	87,4	89,6	99,9	85,5	99,9	96,8	99,9	91,5	99,3
Humit. Mínima (%)	32,3	34,9	40,5	37,3	43,9	36,5	33,6	39,7	36,2	21,2

Figura 33. Valors de temperatura i humitat mitjana, màxima i mínima registrats abans de la coberta verda. Font: elaboració pròpia.

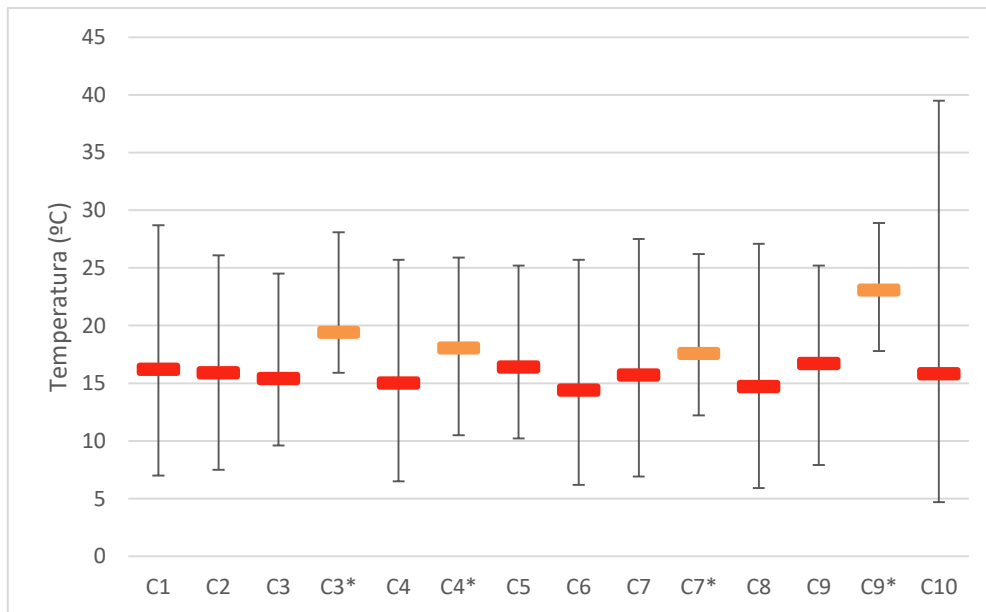
La mitjana de les **humitats** mitjanes, **abans** de la construcció de la coberta verda, de les 10 cobertes està al voltant del 68,5% amb una desviació màxima del 6,6%. La mitjana de les 4 humitats mitjanes després de la construcció de la coberta verda de 4 de les 10 cobertes és de 62% amb una desviació màxima de 5,6% (Figura 34).

Les dades inicials, preses durant els mateixos dies, s'han obtingut principalment per conèixer les condicions ambientals inicials de les 10 cobertes i establir diferències entre cobertes.

DESPRÉS				
Paràmetres/Coberta	3	4	7	9
Temp. Mitjana (°C)	19,41	18,06	17,59	23,07
Temp. Màxima (°C)	28,1	25,9	26,2	28,9
Temp. Mínima (°C)	15,9	10,5	12,2	17,8
Diferència de max-min	12,2	15,4	14	11,1
Humit. Mitjana (%)	63,06	67,81	59,99	57,8
Humit. Màxima (%)	89,3	94,3	83,1	74,8
Humit. Mínima (%)	27,9	42,4	16,4	31,9

Figura 34. Valors de temperatura i humitat mitjana, màxima i mínima registrats després de la coberta verda.

Font: elaboració pròpia.



*Figura 35. Valors mitjans, en °C, de totes les cobertes analitzades amb les amplituds tèrmiques de cada coberta. En vermell: les dades de les cobertes abans de l'actuació. En taronja i *: les cobertes després de l'actuació. Font: elaboració pròpia.*

Amb les dades obtingudes de temperatura també s'ha volgut analitzar l'amplitud tèrmica de cada coberta (Figura 35) i avaluar la diferència, dia-nit. L'amplitud tèrmica de les cobertes sense coberta verda és major que la de les mateixes cobertes amb l'espai verd ja finalitzat. S'ha pogut observar (Figura 36) que la diferència entre les temperatures màximes i mínimes de les 4 cobertes finalitzades és inferior.

Per tant, observem una reducció de pics de temperatures, acostat els extrems tèrmics al centre generant ambients més confortables.

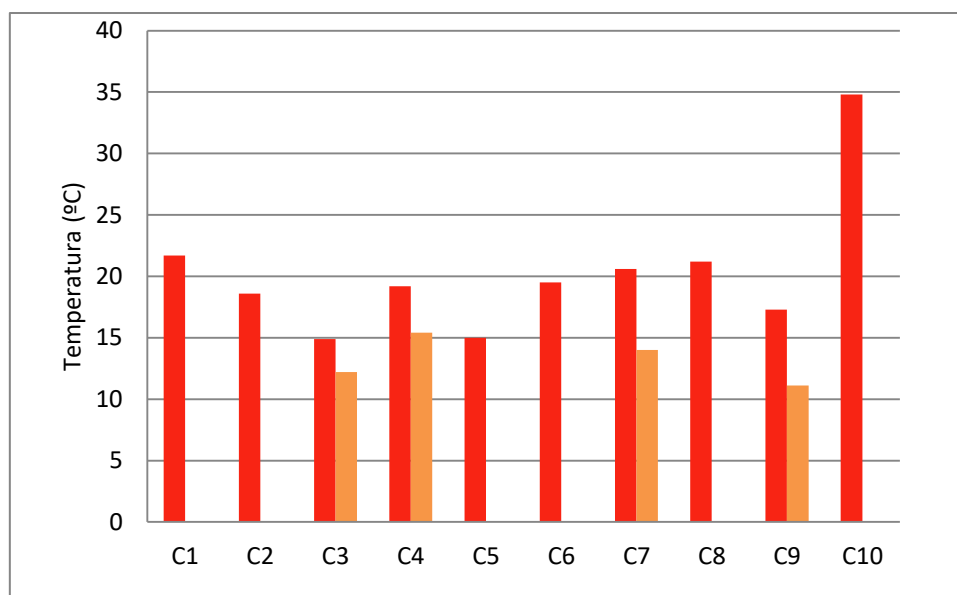


Figura 36. Diferències entre temperatura màxima i mínima, en °C, de cada coberta. En vermell: les dades de les cobertes abans de l'actuació. En taronja: les cobertes després de l'actuació. Font: elaboració pròpia.

Tot i obtenir uns resultats favorables, aquests no es poden classificar com a conclouents. Això és degut, a la poca quantitat de resultats presos i també a la diferència temporal de les dues preses (setembre i juny). Per poder extreure alguna conclusió més sòlida caldria un període d'experimentació més llarg amb la repetició de les mesures en els mateixos mesos i contextos.

5.1.2. Transmissió

Per l'obtenció d'aquestes dades s'ha utilitzat el Protocol 2 sobre determinació de la transmissió. Com ja s'ha explicat anteriorment s'ha escollit aquest mètode perquè ens permet determinar la transmissió real sense la necessitat de conèixer amb exactitud les capes de la solució constructiva i sense utilitzar simulacions. Això evita perforar/fer malbé l'edifici d'estudi i per tat, no és necessari fer una cala. El procediment per això requereix que existeixi una diferència de temperatura entre l'interior i l'exterior d'entre 10 i 15 °C que en molts dels casos no s'ha donat. Les dades utilitzades han estat aquelles que tenien com a mínim una diferència de 6.45 graus.

Els resultats obtinguts (Figura 37) mostren que en 3 dels 4 casos examinats, la transmissió disminueix un cop realitzada la coberta verda. Que la transmissió sigui menor significa que el nivell d'aïllament de les cobertes finalitzades és major, reduint els fluxos entre la coberta i l'interior.

La fiabilitat de les dades de la coberta C7 és dubtosa, els resultats no són coherents, és probable que per problemes amb els aparells no totes les dades s'hagin enregistrat correctament. Aquesta transmitància haurà de tornar a ser mesurada.

Igualment en alguns dels casos el fluxòmetre, ha fallat, i s'ha hagut de registrar la temperatura exterior amb els higròmetres o s'ha agut d'obtenir de l'estació meteorològica més propera a la coberta.

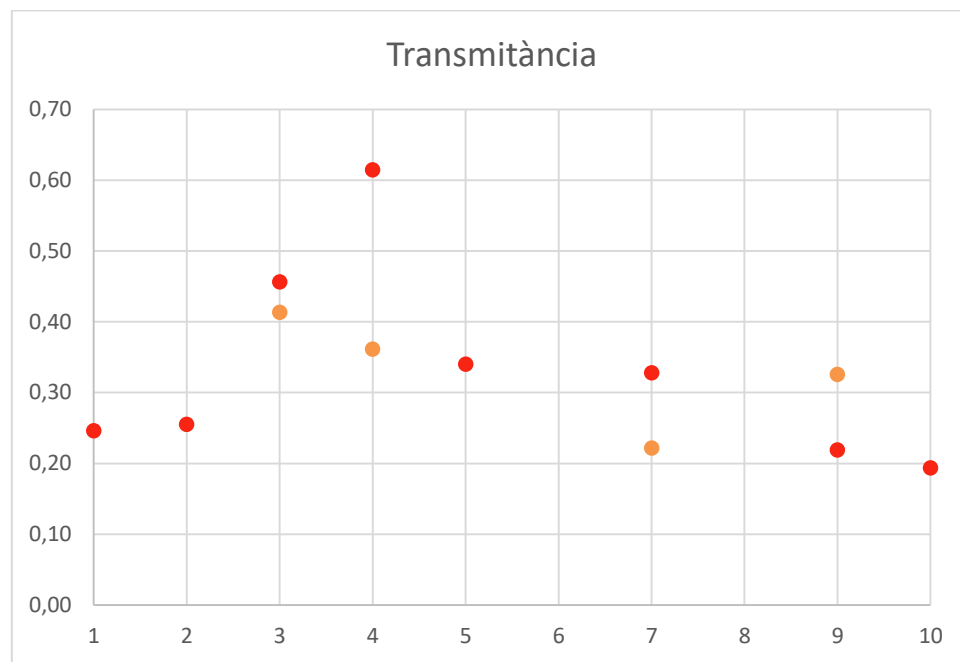


Figura 37. Valors de transmitància de les 10 cobertes. En vermell: valors obtinguts abans de la realització de la coberta verda. En taronja: valors obtinguts després de la realització de la coberta verda. Font: elaboració pròpia.


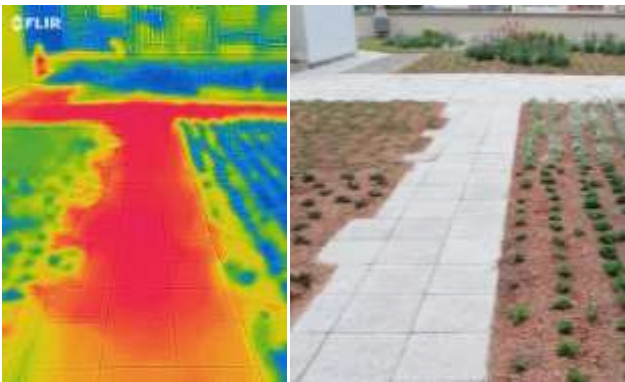
5.1.3. Imatges tèrmiques

Es realitzen fotografies tèrmiques que determinen la temperatura en superfície dels elements de la coberta. S'utilitza una Flire One Gen 2 com bé s'explica anteriorment al protocol 3. Les fotografies es realitzen, a les 10 cobertes ubicades a la ciutat de Barcelona, per primera vegada al llarg dels mesos d'octubre, novembre i desembre i per segona vegada entre els mesos de març a juny, un cop les obres han finalitzat.

Com podem observar a les imatges a continuació les zones amb més temperatura es marquen en color vermell mentre que les de menor es marquen en color blau fosc. Aquest mètode és

extremadament visual i de fàcil d'interpretar però s'ha de tenir en compte que els valors que s'obtenen (els colors) són orientatius, és a dir, el seu resultat és més aviat aproximat.

En aquest cas podem veure la diferència de temperatures entre la coberta C3, C4 i C6, que ja estan finalitzades i la coberta C1 a la qual encara no s'ha realitzat cap actuació. Les zones amb més vegetació estan en colors verds i blaus i en canvi les zones pavimentades s'observen vermelles, és a dir, la calor superficial de les solucions pavimentades és major a les solucions amb vegetació.

Coberta	Fotografies tèrmiques
C1	 <p>Two side-by-side images of roof C1. The left image is a thermal image showing a large, curved structure (likely a dome) with a color gradient from blue (cooler) to red (warmer). The right image is a standard photograph of the same structure, showing its white, curved form and a small rectangular opening.</p>
C3	 <p>Two side-by-side images of roof C3. The left image is a thermal image showing a flat roof area with a color gradient from blue to red. The right image is a standard photograph of the same roof area, showing a paved surface and some low-lying vegetation.</p>
C4	

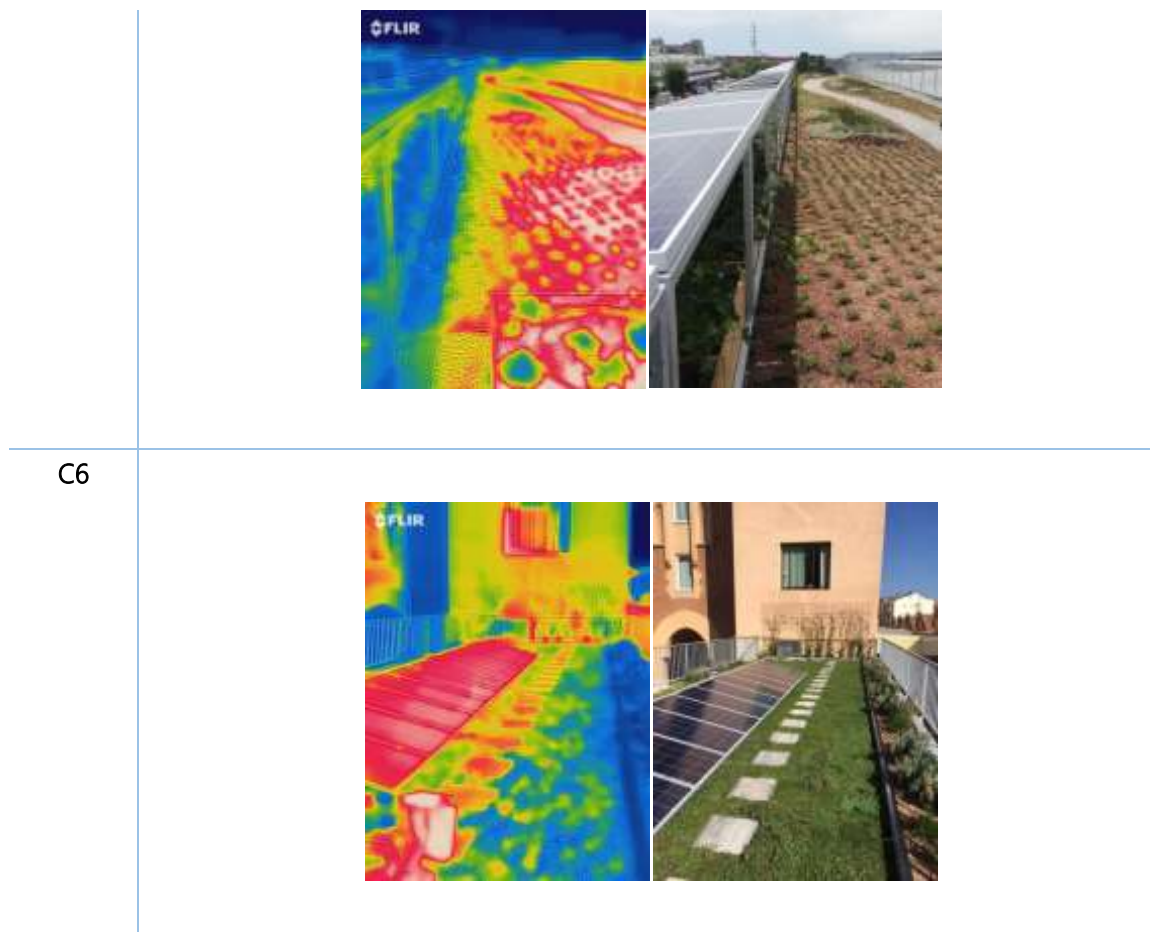


Figura 38. Taula amb les imatges tèrmiques de les cobertes C1 (abans de la construcció de la coberta verda), C3, C4 i C6 (després de la coberta verda). Font: elaboració pròpia.

5.2. CONFORT ACÚSTIC

Per l'estudi acústic s'han realitzat 2 tipus d'accions inicials: l'estudi puntual de la contaminació acústica i l'estudi en continu de la contaminació acústica.

5.2.1. Puntual

Abans de la construcció de les cobertes verdes la mitjana de decibels A és de 55,5(Figura 39) superen per 0,5 dBA els valors establerts per l'OMS com a saludables. A més a més 7 de les cobertes analitzades té una mitjana superior a aquest valor (Figura 40). Els valors del percentil 90 o 95% són rellevant en el nostre estudi perquè ens donen informació sobre el soroll de fons de les cobertes, i en aquest cas, la mitjana d'aquest valor, és de 54,1. El valor percentil 5 també ens mostra informació rellevant, donant-nos el valor màxim del 95% de les dades.

La mitjana de decibels A (dBA) obtinguda a **posteriori** de la construcció de la coberta verda és de 53,6 (Figura 41)valor més saludable que l'anterior. Tot i això, dues de les cobertes analitzades

tenen un valor mitjà superior a 55 dBA. Els valor mitjà del percentil 95 en aquest cas és de 51,6 i cap de les cobertes supera els 55 dBA per aquest paràmetre (Figura 42).

RESULTATS ACÚSTICS PREVIS											
Paràmetres	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	Mitja
LA eq	57,5*	57,9*	53,6	57,9*	56,4*	56,2*	49,4	51,5	59,7*	59,9*	55,5
LA mx	65,2	66,5	60,6	62,2	63,5	61,9	56,5	59,3	64,3	66,6	61,8
LA mn	51,7	53,3	50,6	58,7	53,8	47,2	44,8	48,9	57,5	56,6	52,2
LA 5	62,9	63,3	55,4	59,6	58,7	54,9	53,2	55,6	62,7	61,9	57,7
LA 90	61,1	58,9	51,9	57,7	56,0	48,6	46,1	53,9	61,1	57,9	54,1
LA 95	61,1*	58,6*	51,6	57,6*	54,9	48,2	47,9	53,8	61,0*	57,6*	54,1

Figura 39. Valors sonors mitjans (LAeq), màxims (LAMx), mínims (LAMn), percentil 5 (LA5), percentil 90 (LA90) i percentil 95 (LA95) de les 10 cobertes abans de la construcció de la coberta verda. Font: elaboració pròpia.

* Valors superiors als 55 dBA.

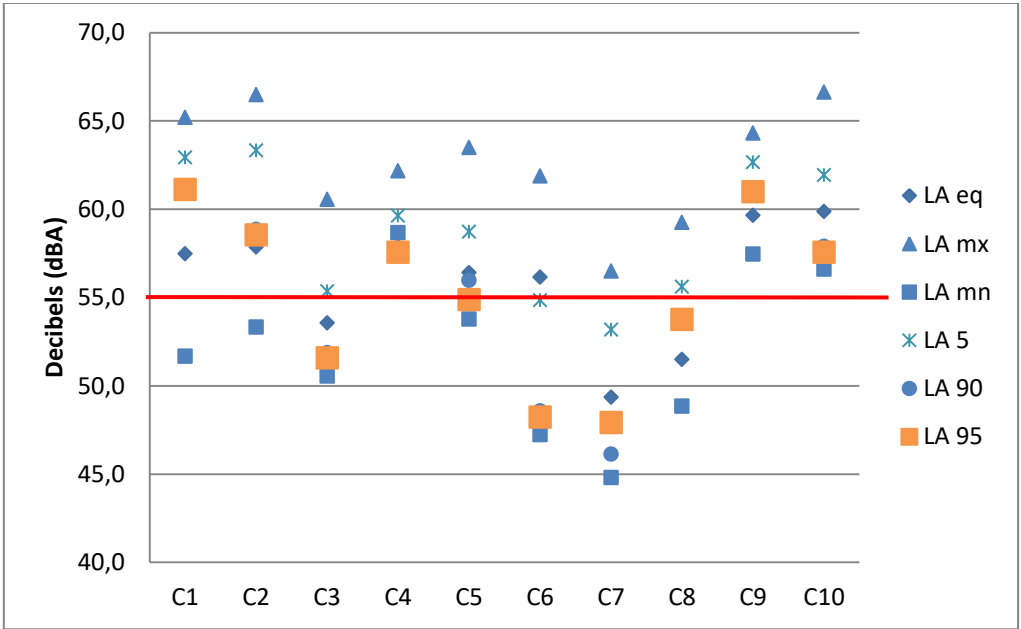


Figura 40. Valors sonors mitjans (LAeq), màxims (LAMx), mínims (LAMn), percentil 5 (LA5), percentil 90 (LA90) i percentil 95 (LA95) de les 10 cobertes abans de la construcció de la coberta verda. Font: elaboració pròpia

RESULTATS ACÚSTICS POSTERIORIS

Paràmetres/Coberta	3	4	7	9	Mitja
LA eq	54,9	56,1*	49,2	55,3*	
LA mx	60,5	67,7	60,4	69,5	
LA mn	49,9	52,0	42,1	52,4	
LA 5	57,7	60,2	53,1	57,2	
LA 90	51,4	53,5	43,2	53,8	
La95	51,0	53,2	42,4	53,1	

Figura 41. Valors sonors mitjans (LAeq), màxims (LAMx), mínims (LAMn), percentil 5 (LA5), percentil 90 (LA90) i percentil 95 (LA95) de 4 de les 10 cobertes després de la construcció de la coberta verda. Font: elaboració pròpia.

* Valors superiors als 55 dBA.

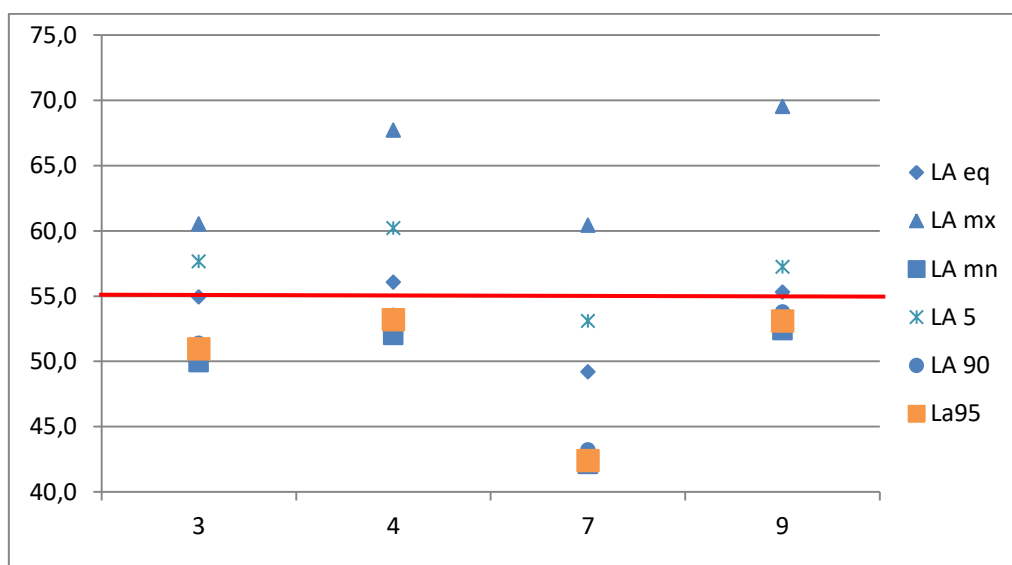


Figura 42. Valors sonors mitjans (LAeq), màxims (LAMx), mínims (LAMn), percentil 5 (LA5), percentil 90 (LA90) i percentil 95 (LA95) de 4 de les 10 cobertes després de la construcció de la coberta verda. Font: elaboració pròpia.

Els percentils representen el percentatge de mesures (5%, 90%, 95% respectivament) que estan per sota d'un valor determinat. Aquests valors ens donen més informació que els màxims o

mínims perquè eliminen aquelles mesures extremadament altes o baixes que no són representatives.

Fixant-nos doncs en la LA 95, el soroll de fons de les cobertes és rebaixa un cop construït l'espai verd. Generant zones acústicament més confortables.

Amb les dades inicials obtingudes de cada cobert es va fer una anàlisi comparativa. En algunes de les cobertes les dades obtingudes no van ser les esperades, com per exemple a la coberta 3. Per aquesta coberta, situada al carrer Aragó un dels carrers amb un volum de trànsit mitjà més elevat de Barcelona, s'esperaven valors molt superiors, com es mostra a la Figura 43, però en canvi ha estat una de les cobertes amb menys contaminació acústica, molt probablement degut al context de la coberta que inicialment es desconeixia.

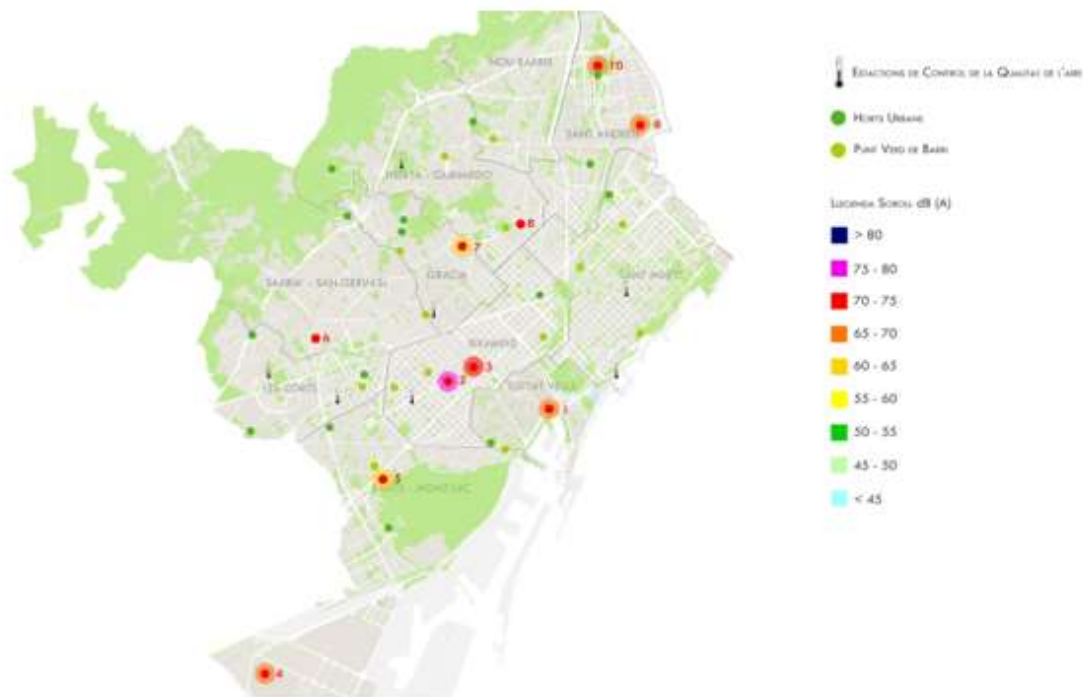


Figura 43. Mapa de valors sonors esperats (valors sonors dels carrers) de les 10 cobertes analitzades. Font: Ajuntament de Barcelona, 2017.

5.2.2. En continu

La mitjana sonora de les 4 cobertes analitzades, abans de la construcció de les cobertes verdes, està al voltant del 56,4dBA. La mitjana sonora del carrer és de 64,1 dBA però és una dada més

variable, depèn de quin carrer i la zona de la ciutat pot arribar fins als 68 dBA o als 59,9dBA(Figura 44). Ambdós resultats superen els valors establerts per l'OMS com a saludables, a l'analitzar períodes de temps més elevats ens acostem cada cop més a nivells sonors problemàtics. Només la coberta C7 té uns valors lleugerament per sota dels 55 dBA.

RESULTATS PREVIS CONTINUS

Cobertes	C1	C2	C3	C7	Mitja
Temps (h)	4,5	9	6	3,5	
dBA Coberta	56,3*	56,3*	59,4*	52,6	56,4
dBA Carrer	68,0*	63,3*	65,4*	59,9*	64,1
Diferència carrer-coberta	6,5	6,2	7,9	7,3	6,5

Figura 44. Valors sonors en continu de la coberta i el carrer de les 4 cobertes estudiades (C1, C2, C3 i C7) i les diferències establertes entre els dos.

*Valors superiors a 55 dBA, valor que pot generar problemes a la salut.

Analitzant els resultats veiem que en les 4 cobertes els valors del carrer són superiors als valors de la coberta en més de 6,2dBA(Figura 44). L'altura i la situació de la coberta disminueix com a mínim 6 dBA el soroll que arriba del carrer. Aquestes diferències, per si soles, no ens donen cap resultat novador però quan aquestes es comparin amb les obtingudes un cop construïda la coberta verda, si podran ser analitzades. S'espera que la diferència un cop construïda la coberta sigui significativament major a l'obtinguda en la Figura45. També esperaríem que el dany a la salut disminuís lleugerament.

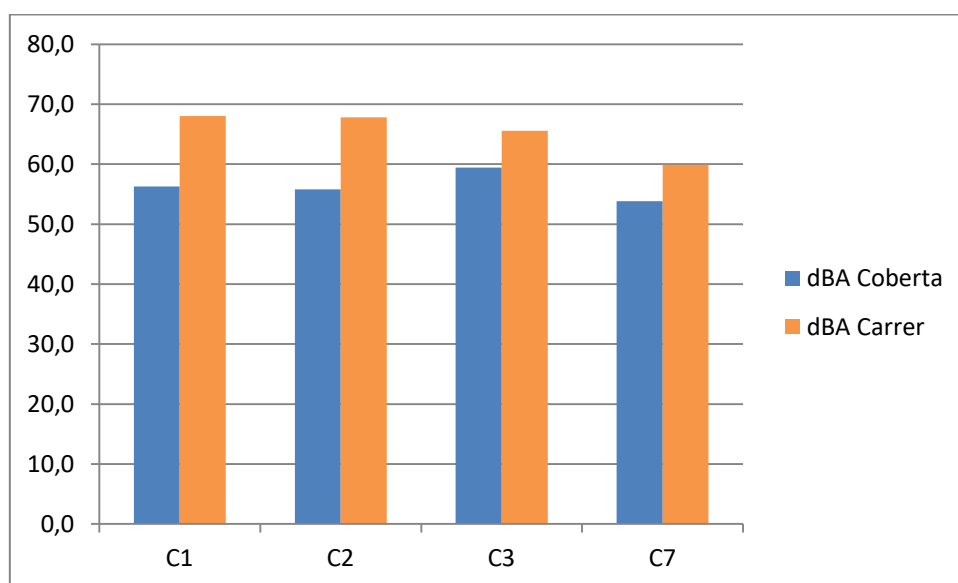


Figura 45. Valors sonors de les diferències establertes entre el carrer i la coberta. Font: elaboració pròpia.

Comparant aquests resultats continus, més fiables, amb els resultats puntuals d'aquestes cobertes (Figura 46) veiem que hi ha una diferència màxima de 5,8 punts i una diferència mínima d'1,2 punts.

Tant a la coberta C1 com a la C2, els valors en continu i puntuals són molt similars. En canvi a les altres dues s'obtenen valors més distanciats, sent els valors continus els més elevats.

RESULTATS PREVIS PUNTUALS

Paràmetres	C1	C2	C3	C7
Puntuals	57,5*	57,9*	53,6	49,4
Continus	56,3*	56,3*	59,4*	52,6

Figura 46. Valors sonors mitjans de les 4 cobertes estudiades (C1, C2, C3, i C7). Font: elaboració pròpia.

*Valors superiors a 55 dBA, valor que pot generar problemes a la salut.

6. DISCUSSIÓ

Els resultats obtinguts d'entrada són bastant favorables, concorden amb la bibliografia estudiada i aporten nova informació sobre cobertes verdes en projectes reals a la ciutat de Barcelona.

Els resultats tèrmics estableixen una situació tèrmicament més confortable un cop la coberta verda està construïda. L'amplitud tèrmica i la transmissió són menors un cop implantat el verd i les fotografies tèrmiques ens mostren com les zones amb vegetació experimenten una temperatura superficial menor. Aquest concorden amb molts dels articles actuals sobre cobertes verdes, en els quals, es remarca com aquests redueixen la fluctuació tèrmica i protegeixen contra la radiació solar (A. Nichou, 2001)

Els resultats acústics avaluats també són els esperats, les mesures puntuals realitzades amb anterioritat a l'espai verd han estat superiors a les mesurades posteriorment. En aquest camp les mesures ambientals del so són poc freqüents però la reducció de la transmissió de soroll gràcies a les cobertes verdes i el seu substrats són evidents (H. Seok, 2011).

L'objectiu marcat inicialment, no ha estat respost totalment. Molts dels aspectes que es pretenien analitzar en un començament no han estat finalment buscats, mesurats o duts a terme. El projecte ha resultat ser molt més carregós de l'esperat i el nombre de cobertes a estudiar ha resultat ser massa elevat. Amb un nombre major de persones involucrades en el projecte, aquest hauria pogut ser molt més rigorós i els resultats podrien haver estat més concloents.

El principal problema amb què m'he trobat ha sigut el temps, en el meu cas havia de realitzar el nombre més gran de mesures possibles abans que les cobertes comencessin el seu procés de transformació. Les dates de començament de les obres, en un inici eren al desembre, el que va convertir la meua feina en una cursa de 4 mesos, en la qual partíem des de 0.

Des de principis de setembre fins a mitjans d'octubre, es van redactar gran part dels protocols tenint en compte els aparells que oferia el laboratori i el pressupost per a nous. Això es tradueix, en mes i mig, de recerca sobre cobertes verdes i avaluació dels mètodes de mesurament. A continuació, ja amb els aparells, comences amb negociacions amb els propietaris, sí negociacions, perquè, per exemple, molts d'ells no estan disponibles cada dia, no poden quedar el dia que tu tens disponibles els aparells, o simplement es posa a ploure just quan haves quedat amb 3 d'ells i la col·locació dels aparells no és viable.

Aquest és el segon contratemps amb què em vaig trobar, la gestió entre els aparells, les cobertes i els seus propietaris. No teníem 10 aparells de cada i no tots ells mesuraven durant la mateixa freqüència de temps, alguns havien de ser recollits el mateix dia, d'altres al cap de 7 i alguns, en el moment de la visita no estaven disponibles.

A més a més, es va sumar que l'Ajuntament de Barcelona havia escollit les cobertes per la seva ubicació. Una ubicació que cobris el màxim territori barceloní, és a dir, que tenia cobertes tant a Sant Andreu, Montjuïc, Sarrià o a la Barceloneta, districte de Ciutat Vella. El que va fer que molts dies recorregué més de 30 km. Això si, amb la meva motocicleta que en aquells moments va ser indispensable per a la meva tasca.

Ja finalitzant les mesures, un dels sonòmetres es va espatllar el que va aturar el seguiment d'aquell paràmetre en continu. No podíem emmagatzemar les dades sonores i per tant, en aquest treball no s'ha pogut avaluar la diferència sonora entre la coberta i el carrer amb la coberta realitzada.

Deixant de costat les problemàtiques que han anat sorgint i que sorgeixen en qualsevol projecte, crec que amb més temps d'estudi de la coberta inicial, els resultats haurien sigut molt més sòlids. També crec que amb un equip completament multidisciplinari es podria crear un projecte molt més ampli i en el qual tots els vessants, que no són pocs, de les cobertes verdes estiguessin contemplats.

A més a més, es podria millorar la gestió i la presa de dades amb una millor planificació de les tasques. Per part meva vaig intentar ser el més acurada possible però he vist molts errors que una bona planificació hagués pogut solucionar.

Per finalitzar, he de recalcar que l'objectiu principal del projecte, no del meu treball, era donar valor a la tasca realitzada per l'Ajuntament de Barcelona, el que ha acabat dirigint el projecte cap a resultats més qualitatius del que originalment es pretenia. Tot i això, els resultats han estat favorables i l'Ajuntament de Barcelona s'està plantejant-la possibilitat de realitzar un nou concurs, el que promouria la construcció de 10 o més cobertes verdes a Barcelona.

7. CONCLUSIONS

Per començar una de les conclusions més evidents que extrec d'aquest treball és que he après MOLT més, del que pensava.

La temàtica, ha ajudat en gran part. Havent estudiat ciències ambientals, enginyeria ambiental i amb un curs de bioconstrucció, no hauria pogut trobar un tema amb el qual em veies més implicada.

Tot i això, no només he après sobre cobertes verdes; quina és la seva història, quines capes tenen, quins beneficis aporten o quina vegetació sol plantar-se, sinó que el meu desenvolupament personal també ha crescut.

En participar en un projecte real he pogut conèixer les meves capacitats i a treballar en equip i a treballar sola. He après la importància d'organitzar i planificar, abans de fer, la necessitat dels protocols, sense els quals el meu treball no hagués pogut ser continuat i sense els quals els resultats no haguessin arribat mai. A més a més, aquest projecte m'ha permès establir relacions amb l'Ajuntament de Barcelona, mostrant-me com es desenvolupen.

La segona i definitiva conclusió a la que he arribat amb aquest treball ha estat; que els beneficis de les cobertes verdes són in comptables i que no hi ha suficients cobertes verdes, que són construccions molt infravalorades i que les acompanyen un gran nombre de perjudicis.

Les capacitats dels materials constructius han evolucionat i han deixat enrere els possibles inconvenients de les cobertes verdes però la mentalitat de les persones no ha seguit aquest procés de transformació, generant unes pors infundades i irreal. Aquestes pors són el mur amb què es troben les cobertes verdes i és el que fa que no estiguin proliferant a les grans ciutats.

L'única manera de combatre-les és l'educació, a través del coneixement, la conscienciació i la creació de nous espais verds interrelacionats amb les edificacions. Aquests han de servir d'exemple, per dirigir el comportament de la ciutat cap a una conducta sostenible. Que les persones comencin a ser conscients que s'ha de realitzar un canvi de comportament i que aquest afecta a tots els nivells de la seva vida, des de fer la compra fins a escollir l'edifici on viure. L'estudi realitzat ajudarà en aquest propòsit. Les dades obtingudes en aquests treball sobre els beneficis que aporten les 10 cobertes seleccionades de la ciutat de Barcelona, proporcionaran una base d'estudi i coneixement tant científic com divulgatiu. A més a més, al ser resultats favorables estimularan l'Ajuntament de Barcelona a augmentar les subvencions i ajudes vers la construcció de cobertes verdes, portant a la ciutat cap al camí de la sostenibilitat.

8. BIBLIOGRAFIA

Referències bibliogràfiques:

- D. Pearson. New OrganicArchitecture: TheBreakingWave. 2001
- E. Fernandez. Monitoratge de cobertes verdes. Treball final de grau, UPC, Escola Politècnica Superiò d'Edificació de Barcelona. 2019.
- E. Sanyé Mengual. Sustainability assessment of urban rooftop farming using an interdisciplinary approach.. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals. Juny 2015
- C. Augusto Palacio. Medidasd de adaptació/Mitigación ante islas de calor en el valle de aburr. Trabajo de grado. Universidad eia Ingeniería ambiental Evingrado. 2019
- L. A. Dominguez. Pautas de siseño para una arquitectura sostenible. 2004. ISBN 8483017679, 9788483017678
- LF. Sexto. ¿Cómo elegir un sonómetro? Centro de Estudio Innovación y Mantenimiento (CEIM / ISPJAE)
- Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Ciudad de La Habana, Cuba. 2017.
- G. Minke. Techos verdes. Planificación, ejecución, consejospracticos. Alemania. 2005. ISBN 846094431X
- G. Perez, K. Perin. NatureBasedStrategies for Urbanand Building Sustainability. 2018. ISBN 9780128101504.
- M. J. Chichorros . Análise exigencial dos green roofs – Estudo de casos. Faculdade de engenharia da universidade do porto. 2012.
- M. Tarrida i Llopis. Aprender sobre las Cubiertas Verdes Urbanas, a través del Caso Augustenborg. Tesina. Máster de Arquitectura y sostenibilidad: herramientas de diseño y técnicas de control mediambiental. 2010

S. Dalley. *TheMystery of theHangingGarden of Babylon*. Oxford .2013

Referències web:

Ajuntament de Barcelona. *Concurs de Cobertes Verdes*. [en línia] Barcelona, 2017. [Consulta: 12 setembre 2019] Disponible a: <https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/ca/concurs-cobertes-verdes>

Ajuntament de Barcelona. Pla clima. [en línia] [Consulta: 29 setembre 2019] Disponible a: https://www.barcelona.cat/barcelona-pel-clima/sites/default/files/documents/re_illa_de_calor_placlima.pdf

Ajuntament de Barcelona. *Plànol web*. [en línia] 2017. [Consulta: 29 setembre 2019] Disponible a: <https://w33.bcn.cat/planolBCN/ca/>

Ajuntament de Barcelona. *Qui té una coberta té un tresor. Concurs de cobertes verdes. 10 propostes guanyadores*. [en línia] Barcelona, 2017. [Consulta: 12 setembre 2019] Disponible a: <https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/noind/10propostesguanyadorescobertes.pdf>

A. Niachou, K. Papakonstantinou, M. Santamouris, A. Tsangrassoulis, G. Mihalakakou. *Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance*. [en línia] 2015. [Consulta: 30 setembre 2019] Disponible a: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778801000627>

A. Palla. *HydrologicRestoration in theUrbanEnvironmentUsing Green Roofs*. [en línia] Barcelona, 2010. [Consulta: 12 setembre 2019] Disponible a: <https://www.mdpi.com/2073-4441/2/2/140>

Beltrano, J., O. Gimenez D.. *Cultivo hidropoía*. [en línia] 2015. [Consulta: 29 setembre 2019] Disponible a: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1

CARM. *Confort acústico. Ficha divulgativa FD-49*. [en línea] Barcelona, 2015. [Consulta: 30 setembre 2019] Disponible a: <file:///C:/Users/Gemma/Downloads/58914-FD49%20ruido.pdf>

CARM. Confort térmico. Ficha Divulgativa FD-24. [en línea] Barcelona, 2015. [Consulta: 30 setembre 2019] Disponible a: [file:///C:/Users/Gemma/Downloads/120119-FD-124%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Gemma/Downloads/120119-FD-124%20(1).pdf)

Contreras, E., Castillo, I.. *Guia de terrats vius i cobertes verdes*. [en línea] Barcelona, 2015. [Consulta: 28 setembre 2019] Disponible a: <https://media-edg.barcelona.cat/wp-content/uploads/2016/02/Guia-terrats-CAT-baixa.pdf>

H. Seok Yang, J. Kang, M. Sung Choi. *Acoustic effects of green roof systems on a low-profiled structure at street level*. [en línea] Barcelona, 2015. [Consulta: 30 setembre 2019] Disponible a: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132311003532>

E. Öhrstöm. Effects of roadtrafficnoiseandthebenefit of access to quietness. [en línea] 2006. [Consulta: 02 setembre 2019] Disponible a: https://www.researchgate.net/publication/222007479_Effects_of_road_traffic_noise_and_the_benefit_of_access_to_quietness

Europeancommission. Expert group on nature-basedsolutionsan Re-naturingcities. *Nature-BasedSolutions*. [en línea] 2015. [Consulta: 02 setembre 2019] Disponible a: <https://ec.europa.eu/research/environment/index.cfm?pg=nbs>

Fliralavaningenireos. *Guía de termografía para mantenimientopredictivo*. [en línea] [Consulta: 02 setembre 2019] Disponible a: <http://www.alava-ing.es/repositorio/6769/pdf/3505/2/guia-de-termografia-para-mantenimiento-predictivo.pdf>

Isasi, A., Arteché, J.A., Araquistain, I. La termografía y el análisis de imágenesaportan grandes avances a la visión artificial en el sector industrial. [en línea] 2014. [Consulta: 02 setembre 2019] Disponible a: <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/121123-termografia-analisis-imagenes-aportan-grandes-avances-vision-artificial-sector-industrial.html>

La casa por el tejado. *La casa por el tejado*. [en línea] 2017. [Consulta: 02 setembre 2019]

Disponible a: <http://lacasaporeltejado.eu/>

United States General Services Administration. The Benefits and Challenges of Green Roofs on Public and Commercial Buildings. [en línea] 2011. [Consulta: 15 agost 2019] Disponible a:

https://www.gsa.gov/cdnstatic/The_Benefits_and_Challenges_of_Green_Roofs_on_Public_and_Commercial_Buildings.pdf

H. Agra, T. Klein, A. Vasl, G. Kadas, L. Blaustein. *Measuring the effect of plant-community composition on carbon fixation on green roofs*. [en línea] 2015. [Consulta: 02 setembre 2019] Disponible a: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866716302801>

Kristin L. Gretter, D. Bradley Rowe. *The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development*. [en línea] 2006. [Consulta: 03 setembre 2019] Disponible a:

<https://pdfs.semanticscholar.org/1d76/263bb51f60a1eaf6a4a02c128a3eba1c0a3b.pdf>

K. Vijayaraghavan. *Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends*. [en línea] 2016. [Consulta: 03 setembre 2019] Disponible a:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115015026>

Liu, K. K. Y., Minor, J. *Performance evaluation of an extensive green roof*. [en línea] 2005. [Consulta: 03 setembre 2019] Disponible a:

https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/7265468/Performance_evaluation_of_an_extensive_green_roof.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DPerformance_evaluation_of_an_extensive_g.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20190929%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20190929T195052Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=f1f3f67e24fbff9dd1baf3925bde5027c71db1cc995dfd602f8c1d1c3d4e769f

NationalGeographic. *Así serían los jardines colgantes de Babilonia en la actualidad*. [en línea] 2019. [Consulta: 11 setembre 2019] Disponible a: https://www.nationalgeographic.com.es/historia/asi-serian-jardines-colgantes-babilonia-actualidad_14213/1

OCT COAC. *Càlcul de transmissibilitats tèrmiques, amb exemples d'aplicació*. [en línea] Barcelona, 2015. [Consulta: 28 setembre 2019] Disponible a: https://www.arquitectes.cat/ca/system/files/oct/calcul_transmissibilitats_exemples.pdf

Raig Instrumentos. *¿Qué es un Datalogger?*. [en línea] 2017 [Consulta: 29 setembre 2019] Disponible a: <https://www.raig.com/noticias/que-es-un-datalogger>

Ramirez, D., Sabogal, D., Jiménez, P., & Hurtado Giraldo, H. *La acuaponía: una alternativa orientada al desarrollo sostenible*. [en línea] 2017. [Consulta: 29 setembre 2019] Disponible a: <https://doi.org/10.18359/rfcb.2230>

Rosenzweig, Gaffin, Parshall. *Variations in New York city's urban heat island strength over time and space*. [en línea] 2003 [Consulta: 12 setembre 2019] Disponible a: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-007-0368-3>

S. Gaffin, C. Rosenzweig, L. Parshall, D. Beattie, R. Berghage, G. O'Keeffe, D. Braman. Energy balance model applied to comparison of white and green roof cooling efficiency. [en línea] 2005. [Consulta: 2 agost 2019] Disponible a: <http://www.buildinggreen.net/assets/cms/File/GaffinetalPaperDC-0009.pdf>

SgARQ. *¿Qué es el confort térmico?*. [en línea] 2017. [Consulta: 29 setembre 2019] Disponible a: <https://sgarq.com/ca/que-es-el-confort-termic/>

Significados.com. Escorrentia. [en línea] 2018 [Consulta: 29 setembre 2019] Disponible a: <https://www.significados.com/escorrentia/>

Susca T, Gaffin SR, Dell'osso GR. *Positive effects of vegetation: urban heat island and green roofs*. [en línea] 2011 [Consulta: 10 setembre 2019] Disponible a: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21481997>

Perez, J.. *Definición de Higrómetro*. [en línea] 2018. [Consultat: 29 setembre 2019] Disponible a:
<https://definicion.de/higrometro/>

9. AGRAÏMENTS

Finalment després de quasi un any de treball he aconseguit acabar, i com no, a última hora el meu trajecte dins d'aquest projecte. La meva experiència ha estat tremendament enriquidora i inoblidable.

En primer lloc, agraeixo a Joan Ramon Rosell l'oportunitat de participar en aquest projecte que ha enriquit tant els meus coneixements i ha incentivat la meva faceta arquitectònica.

En segon lloc, dono les gràcies a Montserrat Bosch una tutora excel·lent que ha deixat espai per al meu desenvolupament personal però sempre ha estat a prop quan l'he necessitat.

També agrair la feina als meus companys de laboratori i equip m'han ajudat a solucionar tots aquells problemes que han anat sorgint en el transcurs dels mesos d'experimentació i per descomptat agrair la col·laboració a totes les persones relacionades amb el concurs de cobertes verdes.

Finalment agrair a la meva Mare, que sempre ha estat allà per donar-me el suport i l'energia que he necessitat, per aconseguir totes les meves metes.

10. ANNEX: I FITXES COBERTES

11. ANNEX II: TAULA D'INDICADORS

12. ANNEX III: ENQUESTES

13. ANNEX IV: TAULES COMPLETES